



Caracterização e otimização energética de processos na indústria conserveira – caso de estudo

David Samuel dos Santos Prata

Mestrado Integrado em Engenharia da Energia e do Ambiente

Dissertação orientada por:
Orientador: Doutor Guilherme Carrilho da Graça (FCUL)
Coorientador: Mestre David Salema (LNEG)

Agradecimentos

De forma sucinta, quero agradecer em primeiro lugar ao Mestre e meu Coorientador David Salema, pela oportunidade de trabalhar com ele e por me ter acolhido de bom grado e por todo o conhecimento transmitido.

À minha família, pela confiança e orgulho depositado em mim e ao qual procuro corresponder da melhor forma, pela vossa paciência, obrigado.

À Catarina Bento, por todo o apoio e motivação que me transmitiu. As horas que despendeu em meu favor, pelas palavras de apoio que me ajudaram a motivar e ultrapassar as etapas mais difíceis do meu percurso académico.

Por fim, queria deixar um agradecimento a todos os que se cruzaram comigo durante este percurso que termina neste trabalho, sem eles tudo teria sido mais difícil e solitário.

Resumo

Os recursos energéticos são um dos principais motores económicos da sociedade, recursos que importam ser utilizados da forma mais eficiente possível. Um dos setores com maior consumo energético é a indústria, um setor que representa aproximadamente 1/3 dos consumos energéticos. Nesse sentido, foram determinadas diversas metas europeias, com a publicação de diretivas onde se estabelecem metas de redução no consumo energético e emissões de gases com efeito estufa e o aumento da eficiência energética. Como suporte à melhoria de desempenho dos diferentes setores europeus, foram também estabelecidas *Best Available Techniques* (BAT) e os respetivos documentos de referência onde se evidenciam as melhores técnicas no desenvolvimento de cada atividade. Portugal transpôs as metas europeias para a legislação nacional por meio do PNAEE, sendo que no caso da indústria se traduziu na criação do SGCIE e DL-68-A/2015. Neste âmbito, a presente dissertação analisa um caso de estudo real de uma indústria conserveira em Portugal e o impacto da implementação de algumas das BAT sugeridas nos documentos de referência. Neste caso, a metodologia aplicada passou pela presença na instalação para a sua caracterização detalhada através de balanços de massa e energia, utilização de instrumentação técnica para análise de cada sistema, levantamento de equipamentos, análise de dados processuais e ensaios de desempenho para posterior análise das BAT a implementar.

Desse estudo verificaram-se os principais consumidores neste tipo de indústria: Cozedura; Esterilização; Congelação e refrigeração; Tratamento de águas residuais; Ar comprimido.

Após o estudo técnico de implementação de 15 medidas com referência aos BREFs, como é exemplo a otimização do sistema de frio, a substituição do gerador de vapor, a recuperação do calor residual dos compressores de ar, entre outros, foi possível estimar reduções face ao cenário de referência no consumo energético da instalação em 19%. Para os indicadores energéticos estima-se uma redução dos mesmos quando comparados com o cenário de referência, um exemplo disso foi a redução estimada do consumo energético por unidade de produção em 26% tendo por base o ano de referência, ao passar de 0,153 tep/t para um valor de 0,113 tep/t.

Por fim, com base numa análise financeira ao conjunto de medidas ficou também explícito o potencial económico no caso de implementação destas.

Ficaram claras as vantagens na implementação de medidas que visem a melhoria do desempenho energético no caso particular desta instalação, onde para além do desempenho ambiental se podem contabilizar ganhos financeiros significativos. É essencial uma atitude pró-ativa por parte das indústrias no sentido de se verificar uma melhoria efetiva dos seus equipamentos e processos com a utilização de novas tecnologias e estratégias disponíveis atualmente.

Palavras-Chave: Eficiência energética; Energia; BAT; Indústria; Conservas; Indicadores energéticos

Abstract

Energy resources are one of society's economic drivers, resources that need to be used as efficiently as possible. One of the sectors with the highest energy consumption is industry, a sector that represents approximately 1/3 of energy consumption. To this end, several European targets have been set, with the publication of directives setting targets for reducing energy consumption and greenhouse gas emissions and increasing energy efficiency. To support the improvement of the performance of the different European sectors, Best Available Techniques (BAT) and the respective reference documents were also established, which show the best techniques in the development of each activity. Based on that, Portugal defined specific legislation (PNAEE), in the case of the industry the SGCIE and DL-68-A/2015.

In this context, this dissertation analyses a real case study of a canning industry in Portugal and the impact of the implementation of some of the BATs suggested in the reference documents. In this case, the applied methodology went through a detailed characterization of installation using mass and energy balances, technical instrumentation for the analysis of each system, equipment survey, analysis of process data and performance tests for subsequent analysis of the BATs to be implemented.

In this analysis were found that the main energy consumers in this kind of industry are Cooking, Sterilization, Freezing and refrigeration, Wastewater treatment and Compressed air.

The implementation of 15 measures studied based on BREFs, such as the optimization of the cooling system, the replacement of the steam generator, the recovery of waste heat from air compressors, among others, showed possible reductions compared to the reference scenario in the energy consumption of the installation of 19%. For the energy indicators it is estimated a reduction of them when compared to the reference scenario, an example of this was the estimated reduction of the energy consumption per production unit by 26% based on the reference year, by going from 0.153 toe/t to a value of 0.113 toe/t. It was demonstrated based on a financial analysis the economic benefit attached with the different measures.

The advantages in the implementation of measures aimed at improving energy performance in the case of this installation were clear, where, in addition to the environmental performance, significant financial gains can be achieved. A proactive attitude should be a priority for industries to an effective improvement of their equipment and processes with the use of new technologies and strategies currently available.

Keywords: Energy efficiency; Energy; BAT; Industry; Canned food; Energy indicators

Índice

Índice de Figuras	VI
Índice de Tabelas	VII
Notações e Simbologia	VIII
1. Enquadramento	9
2. Objetivos	11
3. Introdução	11
4. Metodologia	14
5. Caso de Estudo	16
5.1 Caracterização genérica da instalação	16
5.2 Processos produtivos	17
5.2.1 Linhas de Produção	17
5.2.2 Dados de Produção	22
5.3 Consumos de energia	22
5.3.1 Energia Elétrica	22
5.3.2 Fuelóleo	26
5.3.3 Propano	27
5.3.4 Energia primária e emissões de CO ₂	28
5.4 Consumo Energético de Referência (<i>Baseline</i>)	28
5.5 Indicadores Energéticos	29
6. Resultados e discussão	30
6.1 Desagregação de equipamentos e respetivos consumos energéticos	30
6.2 Identificação e avaliação da aplicabilidade de BAT	33
6.3 Medidas de melhoria analisadas	34
6.3.1 Substituição do Gerador de Vapor	34
6.3.2 Sistema de monitorização do desempenho energético do sistema de produção de frio	36
6.3.3 Aplicação de correias de alto rendimento	37
6.3.4 Otimização do sistema de produção de frio da instalação	37
6.3.5 Recuperação de condensados – tanques de descongelação	40
6.3.6 Identificação e correção de fugas de ar comprimido	42
6.3.7 Substituição de sistema de climatização na incubadora	42
6.3.8 Recuperação do calor residual dos compressores de ar	43
6.3.9 Otimização do período de funcionamento das máquinas retráteis	44
6.3.10 Sistema de monitorização e reporte dos consumos energéticos (instalação)	45
6.3.11 Isolamento de válvulas e flanges	45
6.3.12 Otimização do regime de funcionamento da torre de desodorização	47
6.3.13 Otimização do sistema de secagem	47

6.3.14	Substituição de dispositivos de iluminação.....	49
6.3.15	Sistema fotovoltaico	49
6.3.16	Resumo das medidas de melhoria estudadas e os seus impactos	50
6.4	Indicadores energéticos após implementação de medidas de melhoria.....	50
6.5	Análise aos indicadores energéticos	53
6.6	Análise Financeira	54
7.	Conclusões	55
8.	Sugestões para trabalho futuro	57
9.	Referências	57
Anexos	60

Índice de Figuras

Figura 3.1 - Redução no consumo de energia “Cit. Por [16]”	13
Figura 4.1 - Descrição de indicadores energéticos [20]	15
Figura 5.1 - Zona de descongelação à esquerda e autoclaves para esterilização à direita	17
Figura 5.2 - Fluxograma simplificado do sistema produtivo	17
Figura 5.3 - Fluxograma processual (Sardinha) [24]	18
Figura 5.4 - Fluxograma processual (cavala) [24]	19
Figura 5.5 - Fluxograma processual (Saladas) [24]	20
Figura 5.6 - Fluxograma processual (Atum) [24].....	21
Figura 5.7 - Produções Mensais (2012-2016)	22
Figura 5.8 - Evolução mensal dos consumos globais de energia elétrica (2016)	23
Figura 5.9 - Repartição dos consumos de energia elétrica por PT (2016).....	23
Figura 5.10 - Repartição dos consumos de energia elétrica por período tarifário em 2016 (MWh)	24
Figura 5.11 - Evolução mensal dos custos de energia elétrica – Instalação (2016)	24
Figura 5.12 - Custos com energia elétrica (Euros) – Instalação	25
Figura 5.13 - Diagrama de carga médio diário por dia da semana (Instalação, 2016)	26
Figura 5.14 - Evolução mensal dos consumos de fuelóleo (dezembro 2015 a dezembro 2016).	26
Figura 5.15 - Evolução mensal dos custos com fuelóleo (dezembro 2015 a dezembro 2016).	27
Figura 5.16 - – Evolução do custo médio mensal do fuelóleo (acumulado de 12 meses).....	27
Figura 5.17 - Desagregação dos consumos, emissões e custos globais com energia (2016)	28
Figura 5.18 - Relação entre consumo energético e produção	29
Figura 6.1 - Estimativa da desagregação global de consumos de energia elétrica [MWh; %] (2016) ...	31
Figura 6.2 - Estimativa da desagregação global de consumos de fuelóleo (2016 – MWh; %)	32
Figura 6.3 - Estimativa da desagregação dos consumos de energia final em 2016 (MWh; %)	32
Figura 6.4 - Compressor e condensador evaporativo 1 [24].....	37
Figura 6.5 - Condensador evaporativo 2	38
Figura 6.6 - Potências relativas de entrada para vários métodos de controlo do caudal de uma bomba centrífuga [27]	39
Figura 6.7 - Desempenho energético de um ventilador de um condensador evaporativo em on/off vs. VEV/VDF [28].....	39
Figura 6.8 - Fronteira considerada para o balanço energético do condensador evaporativo [24]	39
Figura 6.9 - Tanque de descongelação e sistemas associados.....	41
Figura 6.10 - Esquema do processo de aquecimento dos tanques de descongelação	41
Figura 6.11 - Diagrama de carga – termoventilador da incubadora	43
Figura 6.12 - Diagrama de carga retrátil 7	44
Figura 6.13 - Análise termográfica ao gerador de vapor e coletor de distribuição	46
Figura 6.14 - Exemplo de dispositivos de isolamento do sistema de distribuição de vapor	46
Figura 6.15 - Diagrama de carga de dois ventiladores de 7,5 kW no processo de secagem	48
Figura 6.16 - Relação entre os valores mensais de intensidade carbónica e o mix energético da instalação	53
Figura 6.17 - Relação entre CEE e produção – valores mensais de 2016.....	54
Figura 6.18 - Curva de cash-flow acumulado e atualizado; indicadores financeiros	55

Índice de Tabelas

Tabela 3.1 - Output e energia para o processo de conserva por tonelada [14] citada por [13]	12
Tabela 4.1 Metodologia aplicada para concretização do objetivo proposto	16
Tabela 5.1 - Custos unitários médios anuais por parâmetro faturado (2016)	25
Tabela 5.2 - Consumos e custos anuais com fuelóleo (2016)	27
Tabela 5.3 - Consumos e custos anuais com gás propano (2016)	27
Tabela 5.4 – Indicadores energéticos para apuramento de comportamento energético	30
Tabela 6.1 - Medidas de melhoria resultantes da análise dos documentos de referência para estudo	33
Tabela 6.2 - Impactos nos consumos e custos energéticos da instalação	35
Tabela 6.3 - Impactos nos consumos e custos energéticos da instalação	35
Tabela 6.4 - Poupanças associadas à implementação de um sistema de monitorização e controlo do sistema de produção de frio 2	36
Tabela 6.5 - Quantificação de correias por equipamento	37
Tabela 6.6 - Impactos nos consumos e custos energéticos da instalação	37
Tabela 6.7 - Impactos associados a potenciais aumentos do COP médio do sistema	38
Tabela 6.8 – Dados do potencial de poupança com otimização do sistema de produção de frio da instalação	38
Tabela 6.9 - Dados de ensaio ao desempenho do condensador evaporativo	40
Tabela 6.10 - O potencial de poupança associada à implementação de variação eletrónica de velocidade	40
Tabela 6.11 - Descrição tanques de descongelação	40
Tabela 6.12 - Balanço de energia térmica dos tanques de descongelação (valores anuais)	41
Tabela 6.13 - Dados potencial de poupança com recuperação de calor de condensados	42
Tabela 6.14 - Poupanças estimadas com correção de fugas de ar comprimido	42
Tabela 6.15 - Poupanças estimadas com a substituição do sistema de climatização da incubadora ...	43
Tabela 6.16 – Poupanças estimadas na recuperação de calor dos compressores de ar comprimido ..	43
Tabela 6.17 - Resultados obtidos da análise aos equipamentos	44
Tabela 6.18 - Impactos da implementação da medida	45
Tabela 6.19 - Poupanças estimadas após implementação do sistema de monitorização	45
Tabela 6.20 - Potência e energia térmica dissipada no total de superfícies consideradas	46
Tabela 6.21 - Resultados estimados após implementação da medida	46
Tabela 6.22 - Impactos estimados da implementação da medida de melhoria	47
Tabela 6.23 - Registos de produção e consumo associados à secagem (2016)	48
Tabela 6.24 - Poupança estimada com a otimização do sistema de secagem	48
Tabela 6.25 - Impactos da substituição da tecnologia de iluminação existente	49
Tabela 6.26 - Poupanças associadas à implementação de sistema fotovoltaico	49
Tabela 6.27 - Resumo das medidas de melhoria e impactos correspondentes	50
Tabela 6.28 - Dados consumos após implementação de medidas de melhoria	51
Tabela 6.29 - Evolução de indicadores energéticos após implementação de medidas de melhoria	51
Tabela 6.30 - Redução no consumo por variáveis dependentes e independentes da produção	52
Tabela 6.31 - Comparação da instalação com o restante grupo empresarial	53
Tabela 6.32 - Período de retorno simples das medidas estudadas	54
Tabela 6.33 - Dados para análise financeira das medidas de melhoria	55

Notações e Simbologia

BAT	Best Available Techniques
BREFs	Best Available Techniques reference documents
CEE	Consumo Específico de Energia
COP	Coeficiente de desempenho
ETARI	Estação de Tratamento de Águas Residuais Industriais
EU	União Europeia
GN	Gás Natural
GPL	Gás Petróleo liquefeito
GV	Gerador de Vapor
HC	Hora de Cheia
HP	Hora de Ponta
HSV	Hora de Super Vazio
HV	Hora de Vazio
IC	Intensidade Carbónica
IE	Intensidade Energética
IPPC	Integrated Pollution Prevention and Control Bureau
IVA	Imposto de Valor Acrescentado
kg _{ep}	Quilogramas equivalentes de petróleo
KPI	Key Performance Indicator
kW _p	Quilowatt Pico
PF	Produto final
PNAEE	Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética
PREn	Plano de Racionalização de Energia
PT	Posto de Transformação
QGBT	Quadro Geral de Baixa Tensão
SGCIE	Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia
SMRCE	Sistema de Monitorização e Reporte dos Consumos de Energia
SPDF	Sistema de Produção de Frio
t	toneladas
tCO _{2e} / kgCO _{2e}	Toneladas/quilogramas equivalentes de Dióxido de Carbono
Tep	Tonelada Equivalente de Petróleo
TI	Transformador de Corrente
VAB	Valor Acrescentado Bruto
VEV	Variador Eletrónico de Velocidade

Fatores de conversão			
	PCI (MJ/kg)	PCI (tep/t)	kgCO2e/tep
Fuelóleo	41,2	0,984	3236,4
Gás Propano	46	1,099	2637,7
	tep/kWh	kgCO2e/kWh	
Energia elétrica	2,15E-04	0,47	

1. Enquadramento

A energia é um dos pilares do desenvolvimento económico. Por esse motivo, é importante para qualquer estado garantir o abastecimento energético. Desta forma, surge a necessidade do uso responsável da energia, através do consumo adequado e de acordo com as necessidades reais, com o fim último da utilização eficiente dos recursos [1]. Esta última afirmação pode ser uma definição de eficiência energética, no entanto existe uma maior complexidade relacionada com o tema, como indica [2], ao definir a eficiência energética como a relação entre a atividade humana e a energia utilizada por unidade produzida.

A União Europeia (UE), onde se inclui Portugal, tem como desafio atual garantir um aprovisionamento fiável de energia. Nesta matéria, até 2020 foram traçados os seguintes objetivos [3]:

- Redução de pelo menos 20% das emissões de gases com efeito de estufa (Ano referência 1990)
- 20% da energia obtida a partir de fontes renováveis;
- 20% de melhoria da eficiência energética

Através da Resolução do Conselho de Ministros n.º 20/2013, Portugal assumiu uma meta geral de 25% de melhoria da eficiência energética 2020. [4]

Neste contexto a eficiência energética torna-se uma prioridade para todos os setores de atividade. No caso da indústria, essa prioridade é de elevada importância considerando as áreas de abrangência e o impacto no desenvolvimento da economia, ligado ao elevado consumo de energia final associado à atividade.

Portugal é o maior consumidor de peixe *per capita* da UE e o terceiro a nível mundial. O consumo de peixe em Portugal (55,6 kg/*per capita*/ano) é mais do dobro da média consumida na UE. Como exemplo, em 2015 foram processadas cerca 46 mil toneladas de “preparações e conservas”, o que representa um volume de vendas na ordem dos 237 milhões de euros [5]. Estes dados fundamentam a necessidade de considerar a indústria da transformação de produtos da pesca e aquicultura como um importante elemento para a melhoria de desempenho energético e ambiental, dado tratar-se de um setor com consumos intensivos de energia.

No campo da eficiência energética foram estabelecidas diversas diretivas do Parlamento Europeu e do Conselho da UE com a intenção de atuar sobre o aumento da dependência das importações de energia, a escassez de recursos energéticos e como combate às alterações climáticas.

Na procura de atingir os objetivos estabelecidos, a UE promoveu a criação de políticas com o objetivo de incrementar a relação custo-benefício da melhoria da eficiência na utilização final de energia nos Estados-Membros, como é exemplo a Diretiva 2012/27/EU, com alterações através da Diretiva 2018/844/EU. Prevê-se que este objetivo seja alcançado através da definição de metas indicativas, incentivos e quadros institucionais, financeiros e jurídicos, bem como a criação de condições para o desenvolvimento e promoção de um mercado dos serviços energéticos e para o desenvolvimento de outras medidas de melhoria da eficiência energética. [6]

No seguimento do constante interesse na proteção ambiental e com especial foco na eficiência energética, surgiu a motivação de contribuir com um estudo que procure reduzir impactos negativos da atividade humana, em particular na indústria.

A necessidade de reduzir as emissões de gases com efeito estufa à escala global, sendo que Portugal não é exceção, conduziu à definição de uma política energética nacional que assenta em dois pilares, a racionalidade económica e a sustentabilidade, com os seguintes objetivos [7]:

- 1) Reduzir significativamente as emissões de gases com efeito de estufa
- 2) Diversificar fontes de energia primária
- 3) Aumentar a eficiência energética do país
- 4) Contribuir para o aumento da competitividade

Neste âmbito é definido o Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE) [7], que originou a criação do Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia (SGCIE) regulamentado pelo Decreto-Lei n.º 71/2008, de 15 de abril, alterado pela Lei n.º 7/2013, de 22 de janeiro, e pelo Decreto-Lei n.º 68-A/2015, de 30 de abril. [8]

No âmbito SGCIE encontra-se previsto a realização de auditorias energéticas periódicas. Daqui surgiu a oportunidade de acompanhamento, como ponto de partida para a elaboração do presente documento, do processo realizado pelo Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG) a uma indústria, que desenvolve as suas atividades na transformação de produtos da pesca frescos e congelados em conserva de sardinha, cavala, atum e saladas. Perspetivando os objetivos futuros de uma indústria mais eficiente, é de elevado interesse diagnosticar as unidades/sistemas fabris e definir medidas e processos de otimização energética.

Neste sentido, este documento apresenta a caracterização de processos numa indústria de conservas de peixe, recorrendo ao levantamento sistemático de dados e à desagregação de consumos energéticos de uma unidade fabril (estudo de caso). Após a análise da informação, apresenta-se uma proposta de otimização energética, suportada pela revisão da literatura na indústria (conserveira) para seleção das *Best Available Techniques* (BAT), e uma estimativa do impacto esperado pela implementação das medidas a nível económico e energético.

2. Objetivos

O presente trabalho de dissertação tem como principal objetivo a apresentação de uma proposta de otimização energética para a indústria conserveira. Para estes efeitos recorreu-se a um processo de revisão bibliográfica e à avaliação de um caso real, que incluiu o planeamento e execução de vários estudos no terreno. Neste contexto, procedeu-se à identificação e análise das condições específicas associadas ao uso e consumo de energia neste sector, o levantamento e avaliação preliminar das BAT com potencial de aplicação e à quantificação dos impactos associados à respetiva implementação.

Pretende-se que este documento possa vir a ser utilizado como referência para que as indústrias conserveiras possam alcançar maiores níveis de desempenho no uso e consumo dos recursos energéticos, por via do recurso às metodologias apresentadas e da aplicação das BAT avaliadas.

3. Introdução

A indústria europeia contribui com uma elevada percentagem do consumo final de energia (tep), 25,3% do total, um valor similar ao residencial (25,4%) e atrás dos transportes com 33,1% [9]. Em Portugal, segundo a Agência Internacional de Energia, a indústria era o maior consumidor de energia em 2013 com 5,9 Mtep (36,7% do consumo total), no entanto apresentou um declínio [10], sendo que atualmente representa 30% do consumo final de energia do país. [11]

Em muitos dos setores da indústria alimentar, o consumo energético é um importante fator de custo, dependendo da natureza das atividades de produção. Os custos com energia podem variar entre menos de 1% a mais de 10% dos custos de produção. Neste sentido, ao apresentar-se uma forma sistemática de reduzir o consumo de energia é possível afetar positivamente dois vetores, o custo e o impacto ambiental das atividades. [12]

No entanto, a verificação do desempenho energético na indústria, a definição e a implementação de medidas que visem a sua melhoria representam um complexo desafio. A sustentabilidade da indústria conserveira está intrinsecamente ligada a esta temática, obtendo um melhor índice de eficiência energética, o seu impacto ambiental será menor, assim, torna-se relevante procurar uma relação de consumo energético por unidade de produção menor que signifique uma redução de emissões de gases

com efeito estufa pela mesma unidade produzida bem como os custos associados, assim como procurar implementar metodologias associadas a redução dos consumos dos principais processos. A importância de perceber a forma como a energia é utilizada obriga a uma correta desagregação dos diferentes processos e hierarquização dos mesmos de forma a poder priorizar as áreas de ação. Nesse sentido, e segundo Muir [13], os processos de cozedura e esterilização são os principais consumidores de energia com recurso ao vapor. Refere também que o custo energético depende das condições locais e ainda dada a avançada idade de muitas das instalações, a eficiência do sistema de produção e distribuição de vapor. De forma sumária é apresentada a Tabela 3.1 da Agência Proteção Ambiental Dinamarquesa [14] citada por [13]:

Tabela 3.1 - Output e energia para o processo de conserva por tonelada [14] citada por [13]

Processo	Água (m3)	Produto final (kg/t)	Perdas (kg/t)	Energia (kWh/t)	
				UNEP	COWI
Descarga	2 - 5	980	20	3	5,7
Enlatamento (seleção)	0,2	970 - 1000	0 - 30	0,4 - 1,5	0,3
Enlatamento (corte e enlatamento)	0,2 - 0,9	700 - 750	250 - 300	0,4 - 1,5	1,4
Enlatamento (esfolia e corte)	17	940	~55	0	
Pré-cozimento	0,03 - 0,5	850	150	0,3 - 1,1	1,3
Cozedura (100 kg Vapor)					132,4
Drenagem de latas	0	800 - 900	100 - 200	0,3	0,3
Enchimento molhos	0	1100	0 - 100	0	
Cravagem	0	1000	0	5 - 6	5,8
Lavagem de latas	0,04	1000	0	7	7,4
Esterilização	3 - 7	920 - 990	10 - 80	~230	242,1
Média				250	

UNEP/Danish Environmental Protection Agency, 1999. Cleaner Production Assessment on Fish Processing. Denmark, COWI Consulting Engineers and Planners AS.

Da tabela anterior é possível verificar quais os potenciais maiores consumidores a considerar numa instalação industrial de conservas.

Neste contexto e para dar resposta à necessidade de melhorar o comportamento energético deste tipo de instalações, surgem as BAT. Estas, como instrumento de padronização de medidas com melhor desempenho energético e ambiental, serão inventariadas considerando as áreas onde são aplicáveis e os requisitos do processo em causa. Segundo Barros et al. [15], este levantamento envolve uma análise profunda dos processos considerados, tais como identificação dos estágios do processo, consumos, emissões e fluxos internos.

Devem ser considerados diferentes elementos entre os quais aspetos ambientais, descrição técnica das aplicações, benefícios, efeitos secundários, implementação, aplicabilidade e aspetos económicos ilustrados por instalações de referência onde as técnicas analisadas tenham sido já implementadas. [15] Na melhoria da eficiência energética, distinguem-se dois aspetos [16]:

- Redução do consumo de energia pela eficiência da gestão de energia
- Redução do consumo de energia pela otimização do processo e inovação.

A gestão de energia é uma estratégia para controlar e minimizar o consumo energético e os custos associados. Grande parte deste método consiste em definir objetivos e monitorização. Em diversos estudos, foram reportadas poupanças associadas à gestão energética entre 5 e 15%. [16]

O passo seguinte no aumento de eficiência no consumo de energia pode ser conseguido pela otimização e inovação nos processos. Os investimentos nesta otimização são dependentes de um sistema eficiente na gestão de energia, dado que sem esta não é possível obter uma boa leitura das poupanças energéticas realmente conseguidas. [12]

A Figura 3.1 representa a relação entre o efeito de uma gestão de energia eficiente, a implementação de medidas de melhoria e a otimização e inovação do processo. Pela análise do gráfico é possível concluir que a adoção de uma gestão eficiente do consumo energético pode conduzir a reduções entre 5 e 15%,

sem existir uma alteração nos equipamentos e tecnologias já existentes. No caso de existir uma otimização e inovação no processo ao atualizar os equipamentos existentes, as poupanças podem representar um peso ainda mais substancial.

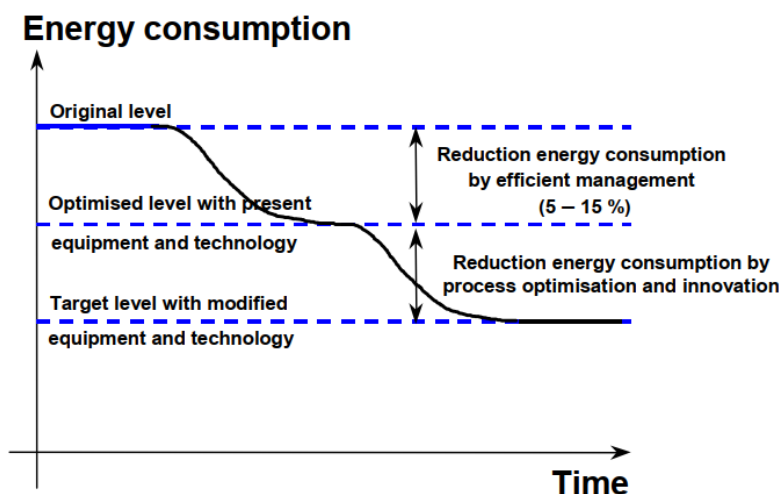


Figura 3.1 - Redução no consumo de energia “Cit. Por [16]”

Foram efetuados diversos estudos sobre metodologias tais como são exemplo Taboada Gómez, M.C. et al. [8], Barros, M.C. et al. [15] e Bello Bugallo, P.M. [17], que visam mitigar e corrigir de uma forma mais eficiente os défices ambientais deste tipo de indústrias, seja pela poluição das águas ou pelo uso intensivo de energia associado aos processos produtivos.

São exemplo dessas metodologias as BAT, que foram estabelecidas pela UE através do *Integrated Pollution Prevention and Control Bureau* (IPPC) (Diretiva 96/61 CE) e mais tarde a Diretiva 2010/75 EU. O IPPC existe para estimular o intercâmbio de informações entre os Estados-Membros e as indústrias interessadas nas BAT, conforme exigido pelo artigo 13.º, n.º 1, da Diretiva Emissões Industriais (IED, 2010/75 / EU). São assim definidas as regras aplicáveis à prevenção e ao controlo integrados da poluição proveniente das atividades industriais.

As BAT apresentam a forma mais eficiente e avançada para o desenvolvimento de uma atividade e os seus processos de operação, ao indicar a capacidade de adequação prática de técnicas específicas a cada processo, com o fim de fornecer uma base de valores de referência em emissões e outras condições associadas ao desenvolvimento desses mesmos processos. Destinam-se a prevenir e, quando tal não seja possível, reduzir as emissões e o impacto sobre o ambiente como um todo. [18]

Estabeleceram-se uma série de documentos de referência denominados de *Best Available Techniques reference documents* (BREFs). Estes documentos de referência tratam tanto quanto possível as atividades industriais listadas no Anexo 1 da Diretiva IPPC. Estes providenciam descrições de um intervalo dos processos industriais e por exemplo, as respetivas condições de operação e rácios de emissões. É solicitado aos estados membros que tenham estes documentos em consideração aquando da determinação de BAT de forma geral ou em casos específicos segundo a Diretiva.

A existência destes documentos de referência é uma possibilidade aberta para a indústria, ao criar uma orientação para a definição de métodos e objetivos a atingir, com a finalidade de melhorar o desempenho energético e, consequentemente, o desempenho ambiental.

Em Barros, M.C. et al. [15] foi efetuada uma análise numa instalação industrial de conservas com o objetivo de investigar o potencial de uma produção menos poluente e mais eficiente com o recurso à possível implementação das BAT. Para esta análise foram definidos os pontos a considerar no projeto, tais como a descrição detalhada das atividades e instalações, o inventário ambiental do local onde se encontra a instalação, BAT e alternativas e por fim os parâmetros do impacto gerado pela atividade. Os

resultados deste diagnóstico destacaram o bom desempenho da instalação e a identificação de trinta técnicas potenciais.

Bello Bugallo, P.M. [17], procurou determinar a relação da aplicação das BAT de forma a comparar as emissões com bases nos fatores de emissão, considerando a implementação destas medidas e a sua influência no desempenho geral de quatro instalações. Com base na compilação de dados sobre a indústria conserveira (instalações, consumos e parâmetros ambientais), identificaram-se todas as BAT aplicáveis e o nível de integração destas em cada instalação. Concluiu-se que a implementação destas técnicas na indústria conserveira da Galiza é relativamente pobre dado que em 98 BAT disponíveis, as instalações avaliadas apenas tinham adotado entre 12 e 25.

Taboada Gómez, M.C. et al. [19] insere uma melhoria na metodologia de análise combinando fluxo energético e material com as BAT, incluindo pela primeira vez uma análise de exergia para a deteção de fluxos do processo com potencial de melhoria e a posterior proposta de técnicas que possam minimizar os efeitos ambientais destes fluxos.

A metodologia que combina o fluxo energético e material, as BAT e a Análise de exergia foi desenvolvido com o objetivo de obter um sistema industrial mais sustentável. Com a aplicação da análise de exergia às metodologias previamente utilizadas noutros trabalhos foi possível a identificação adicional das condições otimizadas do sistema.

Os resultados dos estudos anteriores demonstram que este é um tema de interesse, onde se percebe que a realidade nas diferentes instalações não é igual, sendo que umas apresentam melhores desempenhos ambientais e energéticos que outras. No sentido de enriquecer a bibliografia, o presente estudo procurou seguir os procedimentos utilizados, com o recurso a um caso de estudo na realidade portuguesa.

4. Metodologia

Por forma a cumprir os objetivos do capítulo 2 a metodologia aplicada ao presente trabalho será composta por diferentes fases, a primeira, que passou pela revisão de literatura com ênfase em estudos e relatórios com dados referentes ao setor da indústria conserveira (uso e consumo de energia). Ainda na pesquisa bibliográfica, dar ênfase a estudos referentes às BAT e a sua aplicabilidade na indústria conserveira, conceitos e indicadores utilizados, para que seja possível uma correta análise de dados e comparação dos mesmos.

A segunda fase é o caso de estudo em si, com sua caracterização geral, processo produtivo, desempenho energético por meio de indicadores, a identificação e análise das BAT e por fim a avaliação dos potenciais impactos após a implementação das mesmas.

Nesta fase foi efetuado trabalho de campo com a duração de 3 meses nas instalações da indústria em causa para a caracterização detalhada dos consumos energéticos com a análise da instalação ao nível do funcionamento, processos, produtos processados e equipamentos existentes. A caracterização detalhada dos consumos energéticos teve como objetivos: a determinação das fontes de energia utilizadas; a quantificação dos consumos energéticos e respetivos custos; a determinação dos consumos por vetores, processos e equipamentos; o estudo da relação entre o consumo energético e a produção e/ou o nível de funcionamento da instalação; o cômputo e análise a indicadores de desempenho energético da instalação (definidos no âmbito do SGCIE e outros). A concretização desta tarefa possibilitou, entre outros pontos, a identificação de áreas de intervenção prioritárias, sob o ponto de vista da gestão energética da instalação, e fornece informação de base pertinente para a análise técnico-financeira de potenciais melhorias dos processos com consumos de energia.

Ainda na caracterização da instalação, efetuou-se a desagregação de consumos. Nesse sentido, concretizaram-se medições no terreno, tendo em vista a aferição dos respetivos consumos e/ou de outras características funcionais relevantes. Para além dos registos anteriores, para efeitos de aferição da representatividade dos mesmos e por forma a proporcionar uma desagregação mais fina dos consumos

energéticos, monitorizou-se o perfil de carga dos equipamentos considerados relevantes. Como instrumentação foram utilizados diversos equipamentos de medida, tais como:

- Analisadores de redes elétricas para medição dos consumos de energia e análise da rede:
 - Analisadores CA 8334B da marca “Chauvin Arnoux”;
- Caudalímetro ultrassónico Fluxos adm 6725 da “Fluxim”;
- Luxímetro digital RO-1332 da “Roline”;
- Analisadores multifunções Testo 451 e Testo 435-1 (velocidade do ar, humidade relativa, temperatura, diferencial de pressão);
- Analisadores de gases de combustão:
 - Analisador Testo 350-XL (O₂, CO₂, CO, NO_x, SO₂, °C/°F) da marca “Testo”;
- Medidores de temperatura Testo 175-T3 equipados com sondas de mergulho e de contacto e sistema de aquisição de dados, da marca Testo

Em seguida, a avaliação e análise processual, com o objetivo de caracterizar de forma detalhada o processo, incluindo balanços de massa e energia por operação unitária e/ou equipamentos grandes consumidores, o cálculo dos rendimentos parciais e globais da instalação e a identificação e avaliação prévia de medidas processuais passíveis de implementação.

Com base nos resultados decorrentes das tarefas anteriores a identificação, priorização e registo de oportunidades de melhoria. Definiu-se o ano de 2016 como o ano de referência, ou seja, um consumo energético de referência que represente o comportamento inicial e funcione como base de comparação para a posterior análise na implementação de melhorias (BAT), possibilitando a quantificação dos impactos resultantes das mesmas.

O consumo energético de referência possibilitou a avaliação de avanços e/ou retrocessos da organização no campo do desempenho energético.

A definição de um consumo de referência, é complementada com utilização de indicadores energéticos para a avaliação de desempenho da instalação com a finalidade de monitorizar e medir a evolução do desempenho após a aplicação das BAT. Alguns dos indicadores energéticos considerados são referenciados em *Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety*. [20] (Figura 4.1)

DESIGNAÇÃO	DESCRIÇÃO	UNIDADE
Consumo energético total	Valor absoluto	kWh, MWh, Euro
Intensidade energética	Consumo total de energia	kWh/ Euro
	VAB	
Consumo específico de energia	Consumo energético total (kWh)	kWh / Quantidade produzida kWh / Unidades produzidas
	Quantidade/unidades produzidas	
Percentagem de fonte de energia	Consumo por fonte de energia (kWh)	%
	Total de consumo de energia (kWh)	
Consumo relativo do processo	Energia do processo (kWh)	%
	Total de consumo de energia (kWh)	
Percentagem de energia fornecida internamente	Energia da recuperação interna de calor (kWh)	%
	Total de consumo de energia (kWh)	
Percentagem de energias renováveis	Uso de energias renováveis (kWh)	%
	Total de consumo de energia (kWh)	
Custos totais de energia	Valor absoluto	Euro
Custos específicos de energia	Custo de energia (Euros)	Euro / kWh
	Total de consumo de energia (kWh)	
Indicador de performance energética específica do setor	Consumo energético total (kWh)	kWh / kEuro
	VAB (kEuro)	
Poupança de energia	Valor absoluto	kWh, MWh, Euro

Figura 4.1 - Descrição de indicadores energéticos [20]

Por fim, a avaliação dos potenciais impactos associados à utilização das BAT. Considerando o sistema industrial em causa, identificaram-se as técnicas aplicáveis recorrendo a métodos utilizados em outros estudos previamente realizados [13]. Verificaram-se as medidas previamente implementadas para uma correta definição das técnicas com potencial de aplicação.

Assim, foram definidas as BAT com possível aplicação na instalação em causa, procurando priorizar considerando os seguintes fatores: o investimento necessário e o impacto no desempenho energético da mesma. Criar uma lista de técnicas e medidas com a respetiva análise em termos de aplicabilidade e posterior apresentação dos impactos da implementação de cada uma das medidas enumeradas.

Na Tabela 4.1 estão esquematizados os passos da metodologia descritos neste capítulo.

Tabela 4.1 Metodologia aplicada para concretização do objetivo proposto

Revisão de Literatura	Caso de estudo
Setor da indústria conserveira (Portugal/EU/Mundo)	Caracterização genérica da instalação
Uso e consumo de energia na indústria conserveira	Caracterização do processo produtivo
Estudos de referência	Definição de Indicadores Energéticos
BAT	Identificação e análise de BAT
	Avaliação dos potenciais impactos associados à utilização das BAT
Análise de resultados	

5. Caso de Estudo

5.1 Caracterização genérica da instalação

A instalação desenvolve atividades na transformação de produtos da pesca frescos e congelados em conserva (sardinha, cavala, atum e saladas), pertence a um grupo empresarial presente em todo o mundo, representado por diversas marcas e que no ano de 2016 apresentou um valor de receitas totais de aproximadamente 3,9 mil milhões de euros [21].

O número de dias anuais de laboração situou-se nos 228, tendo os períodos de paragem anual ocorrido entre os dias 1 e 19 de agosto e os dias 24 e 31 de dezembro.

Esta indústria emprega cerca de 800 trabalhadores, o que faz da mesma o maior empregador da região [22]. No período de 3 meses *in situ* foi efetuado o estudo de operação da instalação, recolha de dados sistemática e avaliação de possíveis melhorias nos processos.

Tratando-se de uma atividade com diferentes fontes de impacto ambiental (pesca, transformação do peixe, transporte, entre outras) o grupo definiu como objetivo interno em relação às emissões de gases com efeito de estufa uma redução de 30% até 2020 comparativamente aos valores verificados em 2016 [23].

O complexo é composto por diferentes edifícios, um dedicado à produção, no qual se englobam os escritórios da produção e todos os processos auxiliares da atividade. Outro edifício é para fins de conservação do pescado, sendo composto por diversas camaras frigoríficas e de congelação. Existe também um edifício onde se localizam os escritórios dos serviços centrais, outra zona de conservação que se destina ao produto rececionado e restantes ingredientes utilizados na produção, ainda neste edifício existe uma cantina e bar para uso dos colaboradores,

No que diz respeito à atividade, a instalação é dividida em diferentes zonas como a receção, zona de produção, embalamento e armazenamento no fim do processo (Figura 5.1).



Figura 5.1 - Zona de descongelação à esquerda e autoclaves para esterilização à direita

Na Figura 5.2 está representado um fluxograma simplificado do sistema produtivo da instalação, que nos pontos seguintes será especificado para cada um dos produtos.

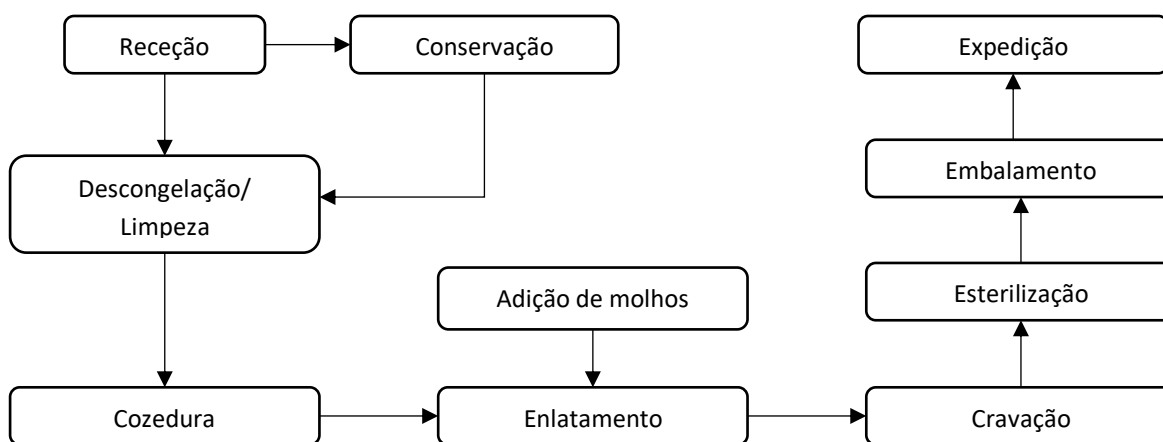


Figura 5.2 - Fluxograma simplificado do sistema produtivo

5.2 Processos produtivos

A instalação em estudo integra vários processos produtivos associados à transformação e conservação de produtos da pesca e da aquicultura em azeite, óleos vegetais e outros molhos. A montante das linhas de produção associadas a cada um destes produtos realizam-se operações relacionadas com a receção, congelação ou refrigeração e armazenamento inicial do pescado. As operações realizadas a jusante das linhas de produção incidem no embalamento, armazenamento e expedição do produto acabado. Os vetores energéticos utilizados no processo de fabrico incluem a eletricidade, o ar comprimido, o vapor (produzido com o recurso a energia térmica proveniente da queima de fuelóleo) e a energia térmica obtida através da queima de gás propano. Como operações auxiliares, integram-se ainda no processo produtivo as operações dedicadas ao tratamento de águas residuais (ETARI) e à conservação (congelação e refrigeração).

5.2.1 Linhas de Produção

Em seguida apresentam-se os fluxogramas correspondentes com os diferentes produtos processados, entre os quais Sardinha, Cavala, Saladas, Atum e ainda a produção de molhos.

5.2.1.1 Sardinha

O processo produtivo da sardinha começa pela retirada das mesmas das camaras de congelação passando-as pelo processo de descongelação em tanques. O passo seguinte é o corte de cabeças, rabos e evisceração após o qual as mesmas passam por um processo de salmoura. Segue-se o enlatamento, com recurso a duas linhas, pois é uma operação pouco mecanizada (grande necessidade de recursos

humanos), segue-se o encaminhamento para os cozedores. Concluída a cozedura, são adicionados os molhos e posterior cravação das latas (fecho), seguida de limpeza, secagem e marcação do produto. Um passo importante no processo é a esterilização que ocorre em autoclaves. Por fim, as latas são submetidas a um processo de arrefecimento e posterior armazenamento/embalamento. A figura apresenta os passos do processo produtivo da sardinha desde a entrada da matéria prima até ao produto final pronto para expedição (Figura 5.3).

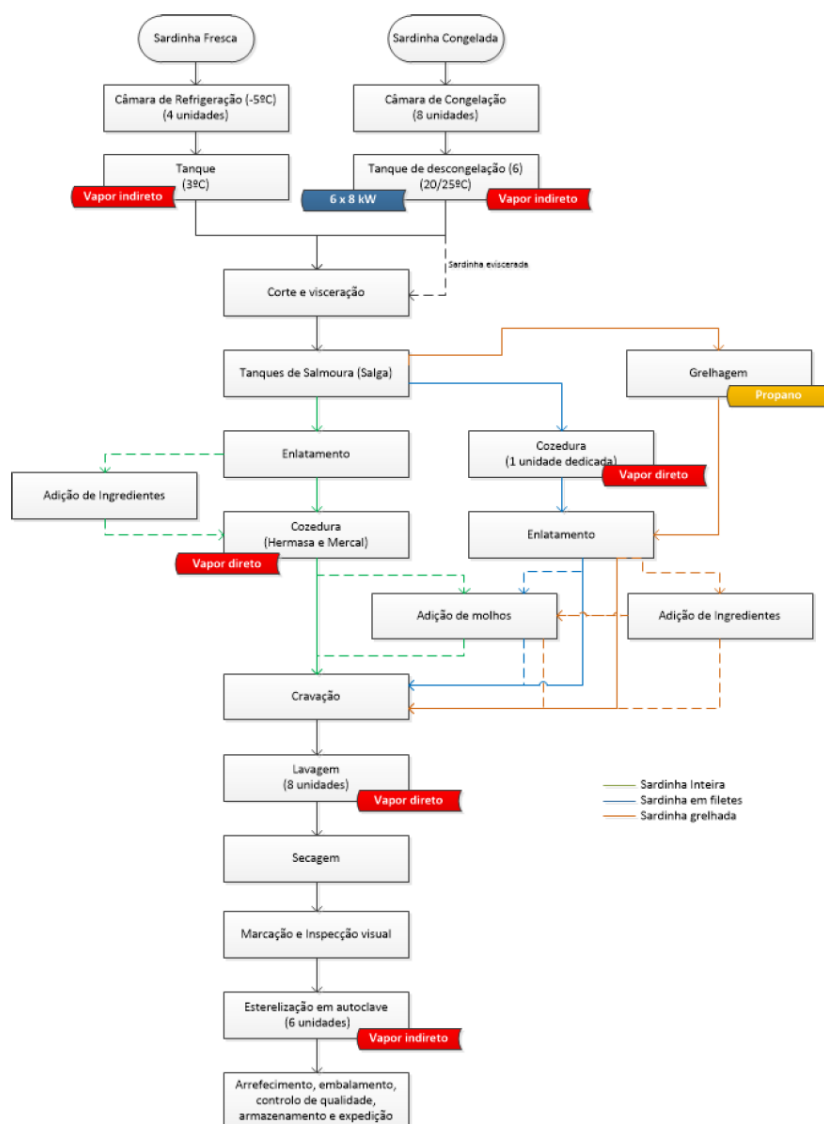


Figura 5.3 - Fluxograma processual (Sardinha) [24]

5.2.1.2 Cavala

A produção de cavala divide-se em 4 subcategorias de produto: cavala sem pele; cavala em filetes; cavala grelhada; cavala fumada. Tal como no processo da sardinha, a cavala, passa pelo descongelamento, através dos tanques de descongelamento, seguindo-se o corte de cabeças e posterior cozedura em dois diferentes cozedores, um por vapor direto e outro indireto. Em seguida, o arrefecimento, a lavagem, o enlatamento, a adição de molhos, a cravação, a lavagem das latas e a secagem por ar comprimido e ventiladores dedicados. Efetuada a marcação das latas, estas passam pela operação de esterilização, secagem e, finalmente, o armazenamento. Na Figura 5.4 estão representadas as diferentes etapas da produção de cavala, é possível verificar a divisão de processos após o tanque de

descongelamento tendo em conta o produto final a obter (Cavala fumada, grelhada e cozida com e sem pele). Os processos seguintes são comuns a todos os produtos.

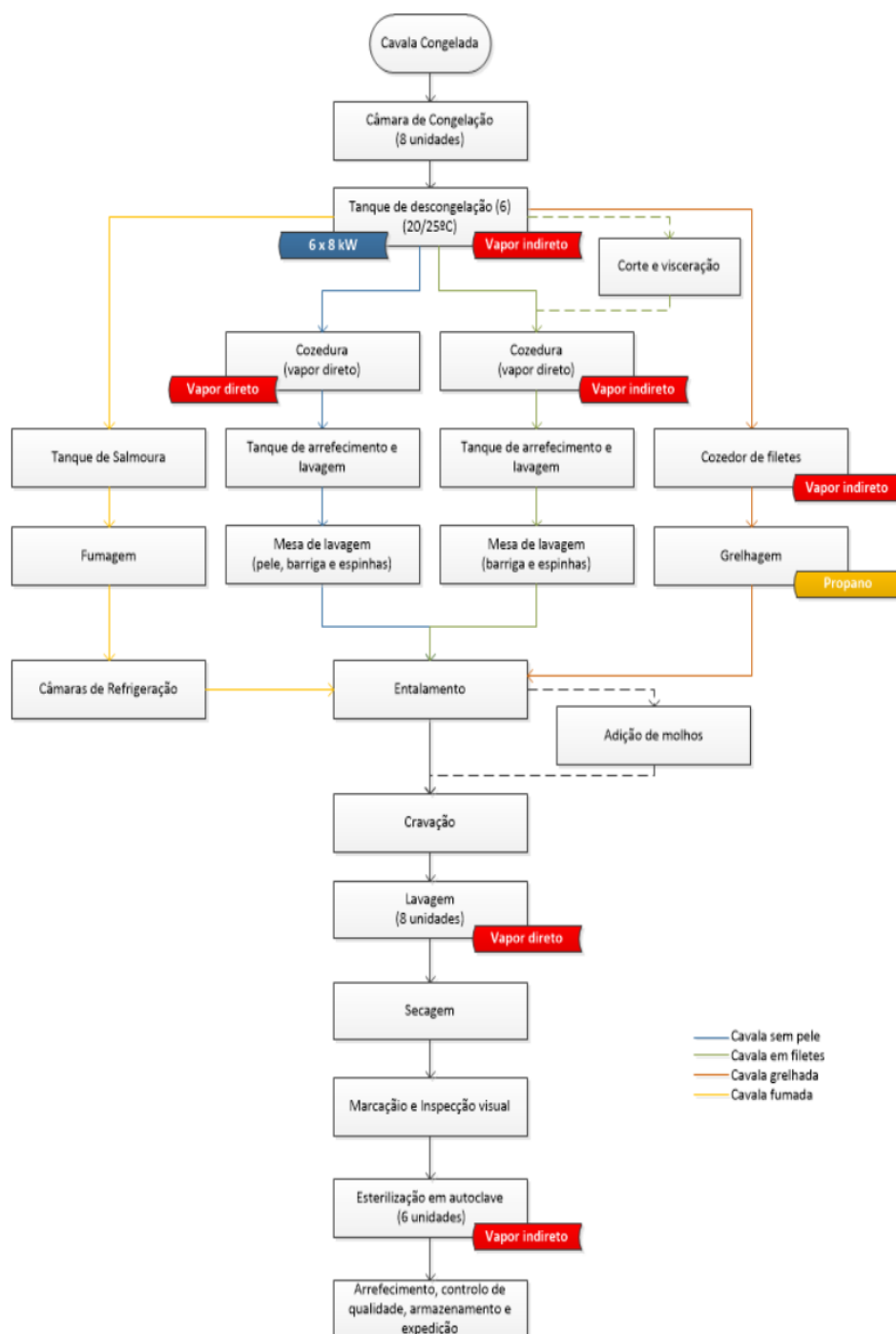


Figura 5.4 - Fluxograma processual (cavala) [24]

5.2.1.3 Saladas

A produção de saladas inicia-se igualmente na descongelação de lombos de atum. O processo de descongelação é realizado com o recurso a chuveiros de descongelação dos vegetais, num processo de descongelação vácuo/vapor. O pescado é colocado num sistema transportador que o conduz a um sistema de corte por ultrassons. Após o corte, este é encaminhado para um segundo equipamento de doseamento e pesagem. Em seguida, o doseamento desses dois ingredientes é feito para a embalagem

que já contam o molho doseado previamente. Segue-se a pesagem, a lavagem da embalagem e a marcação, com indicação da data e hora de fabrico, prazo de validade e número de fabrico.

As embalagens termo seladas seguem por tapete de transporte aéreo para equipamento próprio (mesa de paletes), onde são colocadas em cestos para esterilização. As embalagens são colocadas numa área restrita para arrefecimento por um período estabelecido. Findo este processo, o produto é colocado em paletes seguindo para uma câmara de incubação na qual permanece 7 dias a uma temperatura de 37 °C. Esta fase processual é exclusiva da produção de saladas. Por fim as embalagens são encaminhadas para o processo de embalagem e armazenamento. O processo descrito anteriormente é representado pela Figura 5.5.

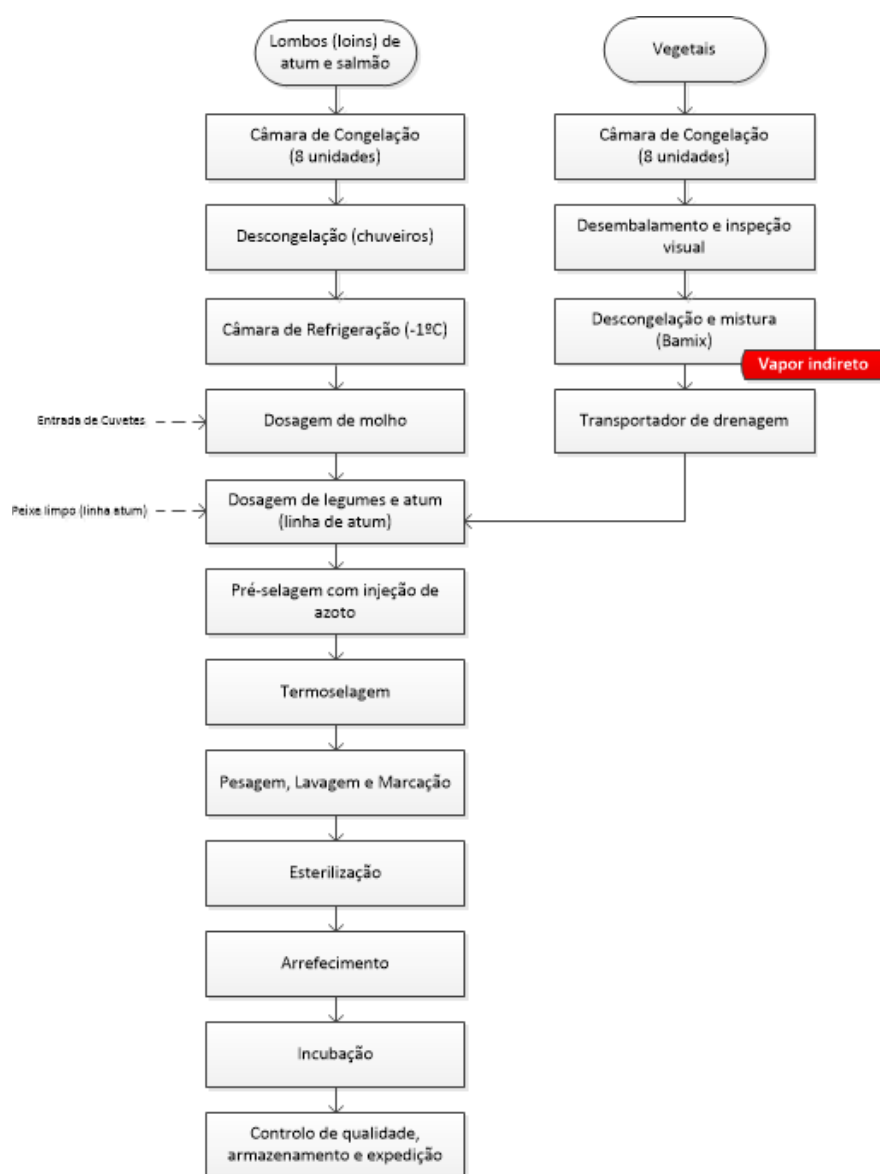


Figura 5.5 - Fluxograma processual (Saladas) [24]

5.2.1.4 Atum

A produção de atum tem início igualmente na descongelação, efetuada em chuveiros dedicados a esse fim. Após o processo de cozedura, o peixe segue para as mesas de limpeza, onde é retirada a cabeça, a pele, as espinhas e as vísceras. O peixe limpo passa por um equipamento de deteção de metais, previamente programado, para deteção de corpos estranhos metálicos. Posteriormente o peixe é introduzido na lata (enlatamento) de acordo com as especificações do produto e é adicionada água

/salmoura através de doseamento automático, caso seja necessário, de acordo com a especificação do produto acabado. A fase seguinte é a cravação seguida de um processo de esterilização. Por fim, as latas, após o seu arrefecimento, são encaminhadas para o embalamento e armazenamento. A Figura 5.6 descreve o processo produtivo do atum, é possível verificar os dois ramos iniciais que se distinguem entre os lombos de atum e o atum inteiro, sendo que este último é pré-cozido e necessita de uma fase de limpeza (o atum encontra-se inteiro). A partir do enlatamento os passos para ambos os produtos são iguais.

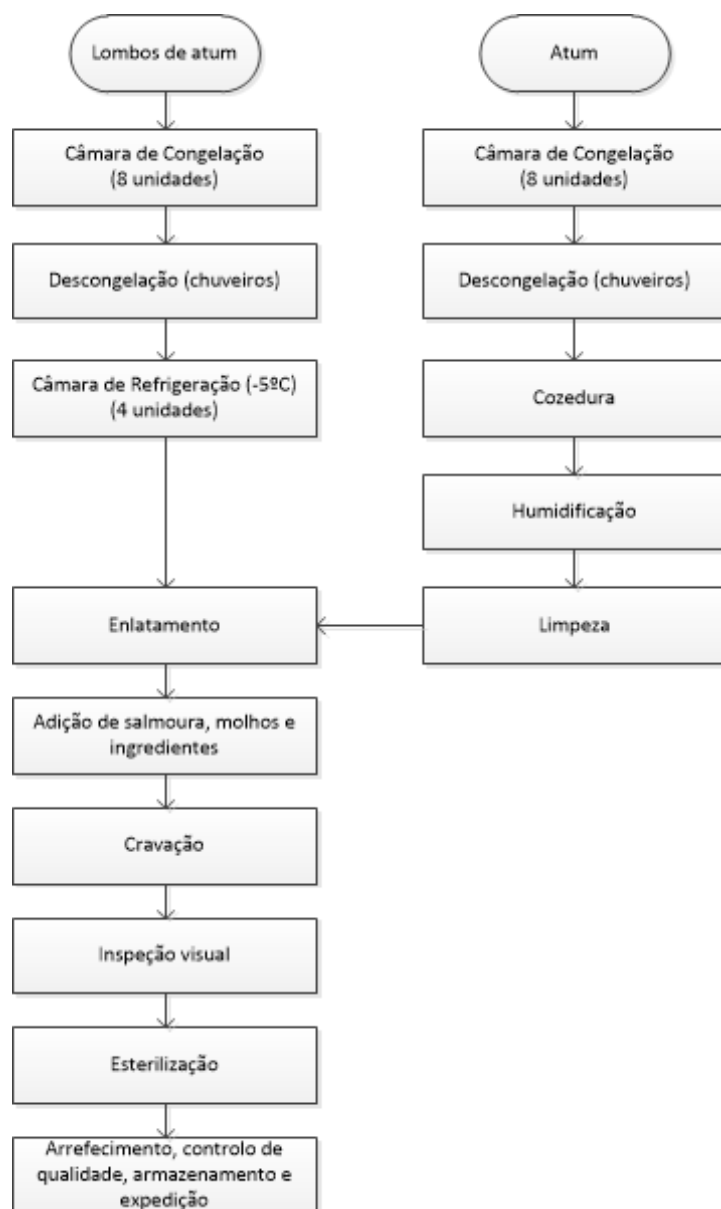


Figura 5.6 - Fluxograma processual (Atum) [24]

5.2.1.5 Molhos

Um outro processo com menor complexidade é o da elaboração dos molhos. Este processo inicia-se com a retirada da embalagem dos produtos e inspeção visual dos mesmos. De seguida, são misturados em recipientes próprios segundo as diferentes receitas e encaminhados para a linha de produção de pescado para serem adicionados às latas através de carros próprios ou por tubagens.

5.2.2 Dados de Produção

Neste ponto são apresentados os dados relativos à evolução da produção entre dezembro de 2015 e dezembro de 2016. A produção está dividida pelos 5 tipos descritos no ponto anterior: sardinha; cavala; saladas; grelhados; atum.

Como é possível verificar na Figura 5.7, existe uma tendência crescente na produção, refletindo uma maior atividade da instalação em análise. No período analisado (dezembro 2015 – dezembro 2016) verificou-se um aumento de produção na ordem dos 15%, quando das 15108 toneladas produzidas em 2015 se atingem valores de 17371 t em 2016.

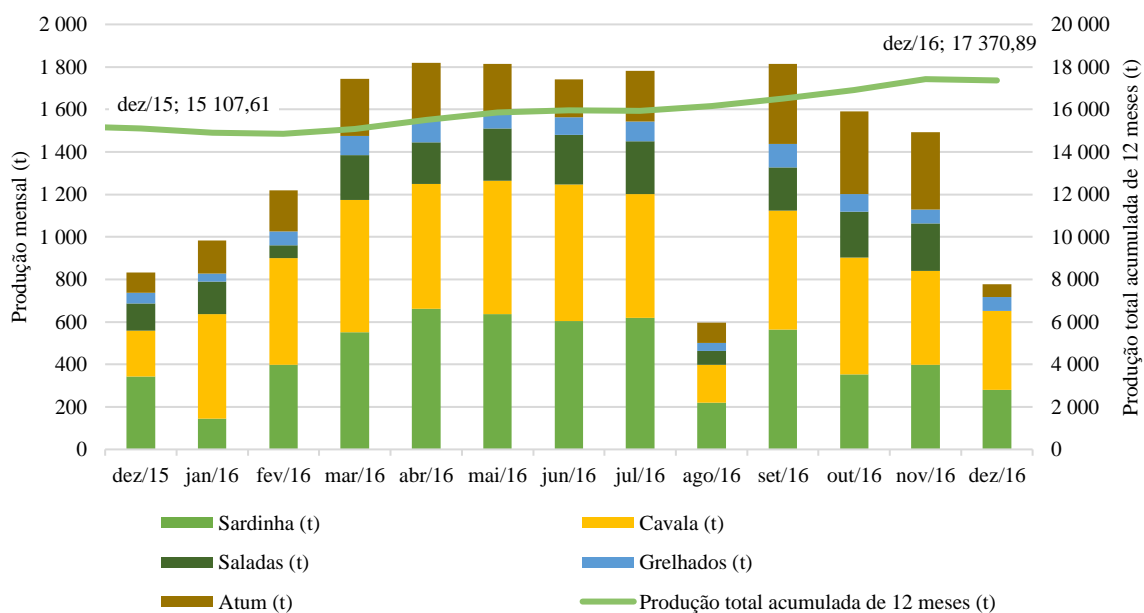


Figura 5.7 - Produções Mensais (2012-2016)

O aumento da produção leva a um consequente aumento do consumo energético nos diferentes vetores, como eletricidade e produção de vapor. Estes dois vetores, assim como os respetivos equipamentos, serão analisados no ponto seguinte, com o objetivo de compreender a evolução do consumo específico de energia. Este indicador energético é importante para uma correta análise da eficiência no consumo energético da instalação, ao permitir perceber se a energia consumida por unidade produzida diminui ou aumenta ao longo do período analisado.

5.3 Consumos de energia

Para uma correta compreensão da evolução dos consumos foram recolhidos os dados de consumos energéticos da instalação. Foi considerado o mesmo período utilizado na análise dos volumes de produção (dezembro de 2015 a dezembro de 2016). Os consumos avaliados dizem respeito a três fontes de energia diferentes, a energia elétrica, fuelóleo e gás propano. A sua análise encontra-se nos pontos seguintes.

5.3.1 Energia Elétrica

A distribuição de energia elétrica na instalação ocorre a partir de dois postos de transformação, um dedicado à instalação onde se verifica a produção e o outro à instalação com fins de congelação, instalações 1 e 2 respetivamente.

No primeiro caso, existem dois quadros gerais de baixa tensão (QGBT) que, respetivamente, distribuem a energia elétrica pela instalação (QGBT 1 e QGBT 2). No segundo caso existe um QGBT que depois

distribui a energia elétrica pelos restantes quadros parciais. No Anexo I encontra-se o sistema de distribuição elétrico da instalação.

Consumos de Energia Elétrica

Para a contabilização dos consumos e custos de energia elétrica no ano de 2016 foram levantados os dados registados nas faturas correspondentes aos meses pretendidos. No seguimento da descrição do funcionamento da instalação, através da análise da Figura 5.8, são perceptíveis os valores reduzidos do consumo observados em agosto no “PT-1”, com a justificação da redução da produção ou mesmo a sua paragem para efeitos de manutenção.

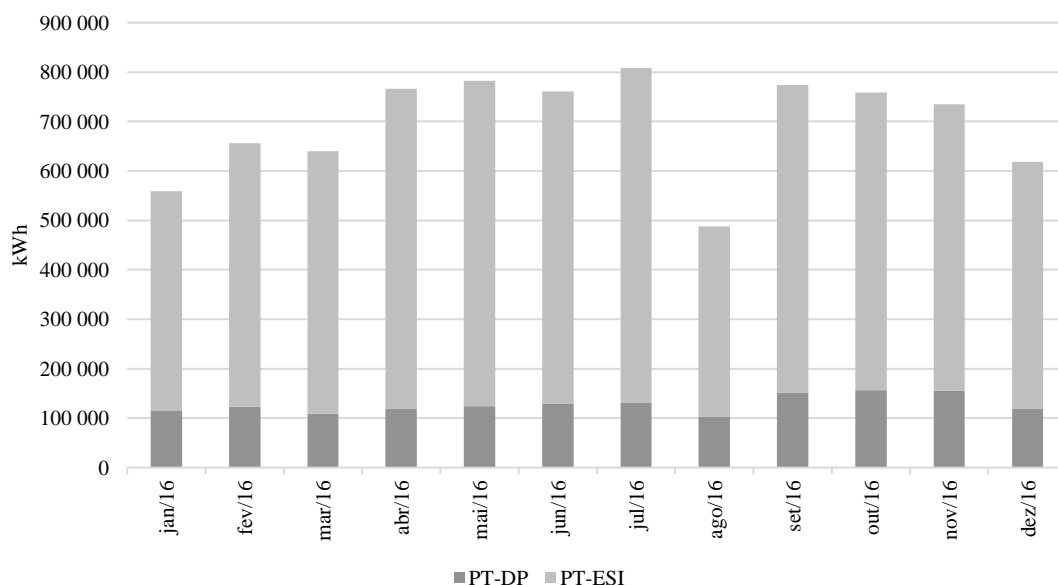


Figura 5.8 - Evolução mensal dos consumos globais de energia elétrica (2016)

De acordo com a Figura 5.9, verifica-se que no ano de 2016 a instalação teve no total, um consumo global de 8 348 MWh, onde o “PT-1” representa 81,6% e o “PT-DP” 18,4% desse consumo.

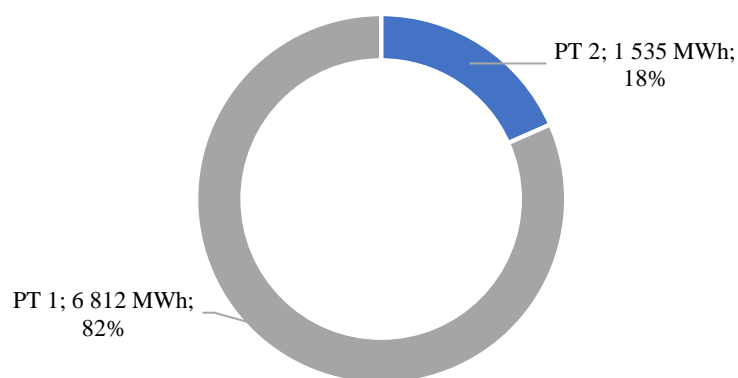


Figura 5.9 - Repartição dos consumos de energia elétrica por PT (2016)

No Anexo II estão disponíveis os dados correspondentes aos consumos anuais de energia ativa de 2016 e energia reativa faturada em cada um dos PT e no seu conjunto.

Relativamente à distribuição percentual dos consumos de energia elétrica por período tarifário no ano de referência, regista-se uma maior tendência de consumos em Hora de Cheia (HC), 50% dos consumos

globais, Hora de ponta (HP), com 13%, e os consumos em Vazio e Super Vazio nos 37%, conforme análise da Figura 5.10.

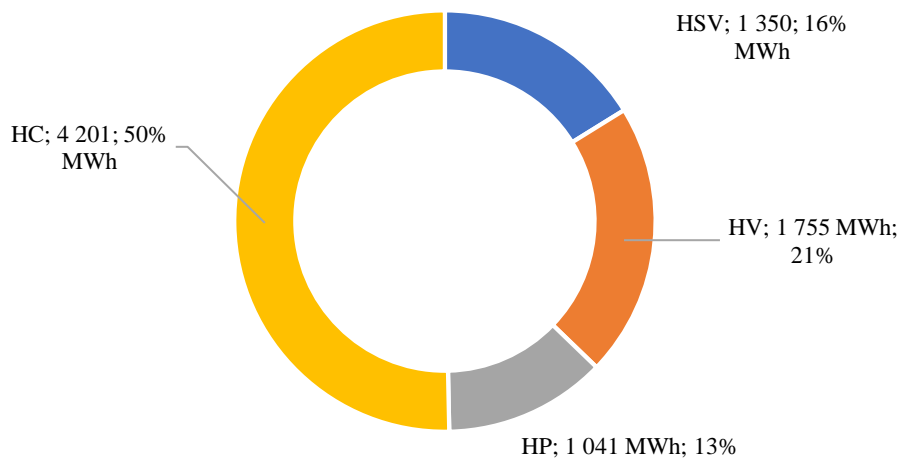


Figura 5.10 - Repartição dos consumos de energia elétrica por período tarifário em 2016 (MWh)

Encargos com Energia Elétrica

Os registos relativos aos custos mensais de energia elétrica estão representados no Anexo III. Na Figura 5.11 é possível verificar graficamente os valores em causa para cada parâmetro faturado, sendo excluídos para efeito do estudo o imposto sobre o valor acrescentado (IVA) e o imposto sobre o consumo de eletricidade, dado que a instalação é isenta pela sua adesão ao SGCIE.

Através da análise dos gráficos - Evolução mensal dos custos de energia elétrica (Figura 5.11) e Evolução mensal dos consumos globais de energia elétrica (Figura 5.8), é possível concluir que a evolução dos custos é concordante com os consumos, com valores de menor grandeza no mês de agosto relacionados com a paragem/abrandamento da atividade.

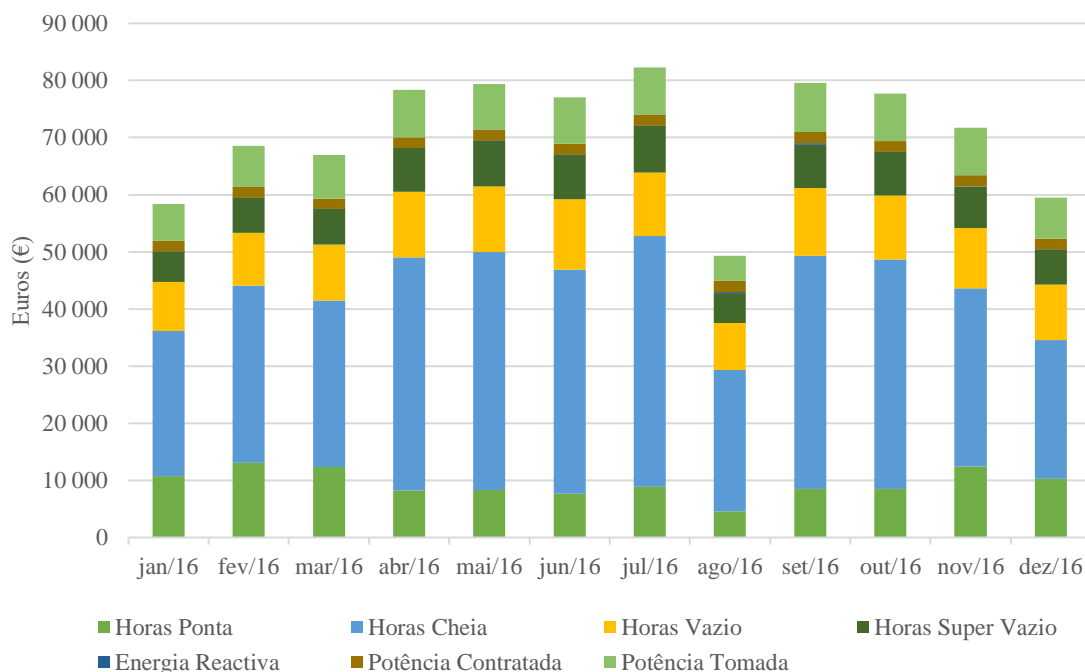


Figura 5.11 - Evolução mensal dos custos de energia elétrica – Instalação (2016)

Em relação aos dois postos de transformação, conforme dados da figura 4.10, verifica-se a inexistência de custos significativos com energia reativa (0,09 % dos custos globais), a preponderância dos custos com energia ativa (redes + energia), responsáveis por perto de 87% dos custos globais da instalação e a relevância dos custos associados ao consumo em horas de cheia.

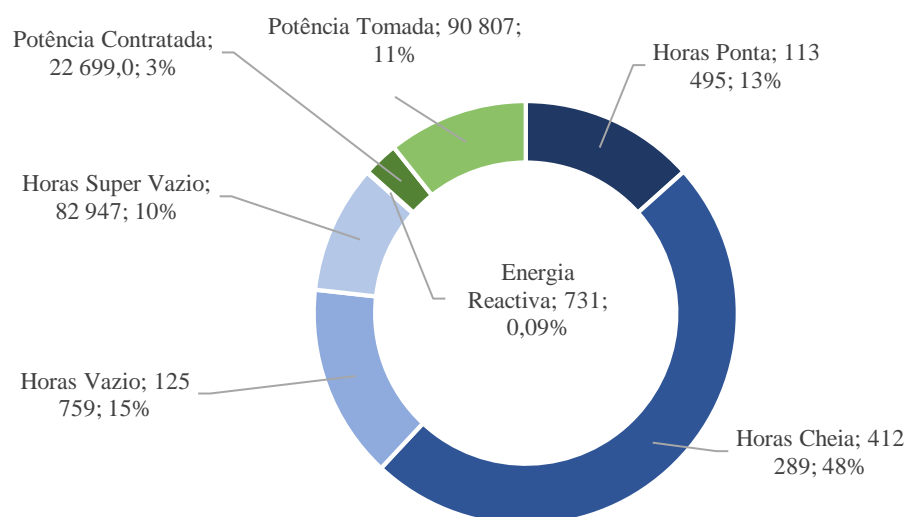


Figura 5.12 - Custos com energia elétrica (Euros) – Instalação

Por fim, na Tabela 5.1 são apresentados os custos unitários médios associados a cada um dos parâmetros faturados em 2016. O custo médio da energia consumida de forma global na instalação situou-se nos 0,088 €/kWh (energia ativa) e nos 0,102 €/kWh (custo global da energia).

Tabela 5.1 - Custos unitários médios anuais por parâmetro faturado (2016)

PT	Horas Ponta (€/kWh)	Horas Cheia (€/kWh)	Horas Vazio (€/kWh)	Horas Super Vazio (€/kWh)	Energia Reativa (€/kVArh)	Custo da Energia Ativa* (€/kWh)	Custo da Energia Elétrica (€/kWh)
PT-ESI	0,109	0,098	0,072	0,061	0,014	0,089	0,103
PT-DP	0,109	0,098	0,071	0,061	0,025	0,085	0,097
Instalação	0,109	0,098	0,072	0,061	0,018	0,088	0,102

* Custo da energia ativa (energia ativa + redes de energia ativa)

Perfis de Consumo energia elétrica no ano de referência

Os perfis de consumo de energia elétrica foram definidos com base nos dados disponibilizados pelo serviço de telecontagem do fornecedor de energia elétrica.

As diferenças existentes entre os registos agora apresentados e aqueles a que se referem os pontos anteriores encontram-se associadas aos períodos considerados para cada mês. Enquanto no presente caso os mesmos coincidem com os períodos mensais (de dia 1 a 30/31), no ponto anterior os períodos considerados referiam-se àqueles ponderados para efeitos de faturação (tipicamente entre o dia 26 do mês anterior e o mesmo dia do mês em causa).

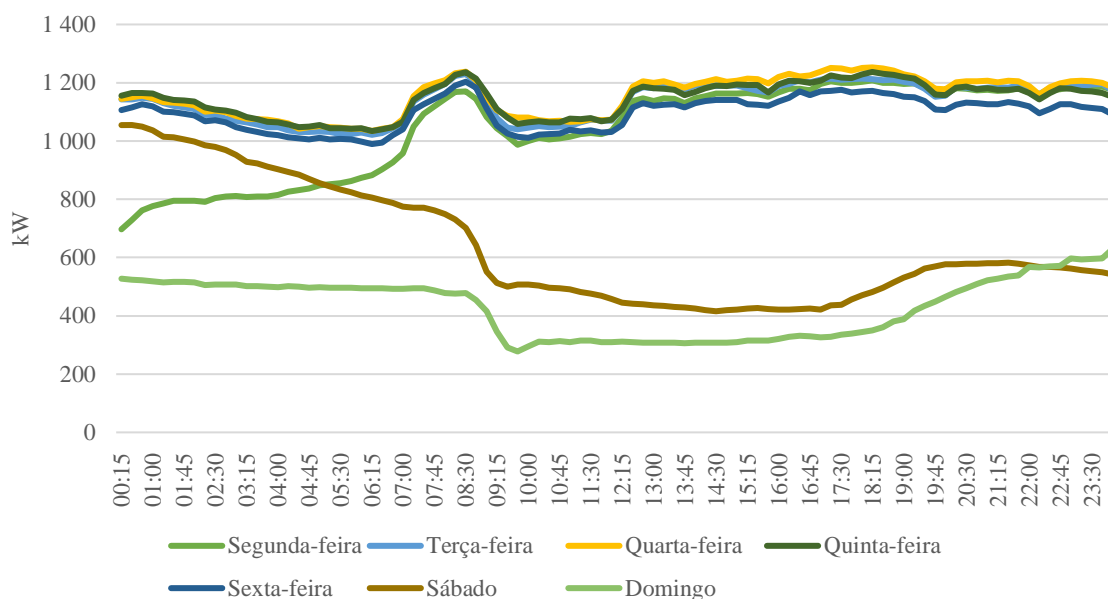


Figura 5.13 - Diagrama de carga médio diário por dia da semana (Instalação, 2016)

A análise da Figura 5.13 permite verificar perfis de carga similares entre os dias da semana, registrando-se uma diminuição gradual aos sábados coincidente com o fim do 3º turno, sendo que o consumo se mantém aproximado durante o fim de semana.

5.3.2 Fuelóleo

O fuelóleo é fornecido a granel para a produção de vapor, foram utilizados os registos de carregamento de fuelóleo, retirados das faturas fornecidas pela instalação e utilizadas para efeito de apuramento dos valores de custos e consumos relativos ao ano de 2016. Na Figura 5.15, é possível observar os valores dos consumos e custos do fornecimento de fuelóleo, agrupados por mês tendo por base a análise aos registos disponibilizados (faturas do fornecedor).

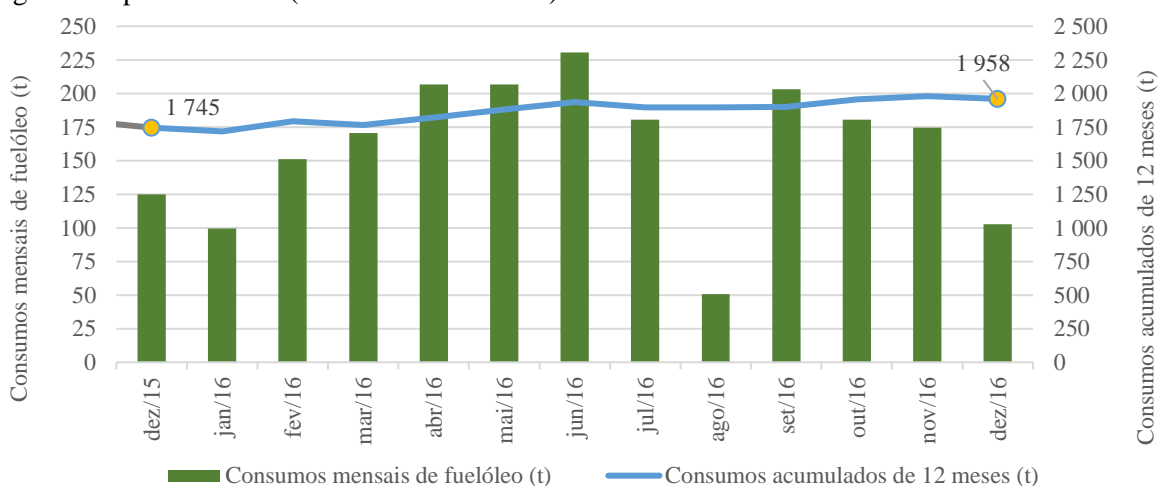


Figura 5.14 - Evolução mensal dos consumos de fuelóleo (dezembro 2015 a dezembro 2016).

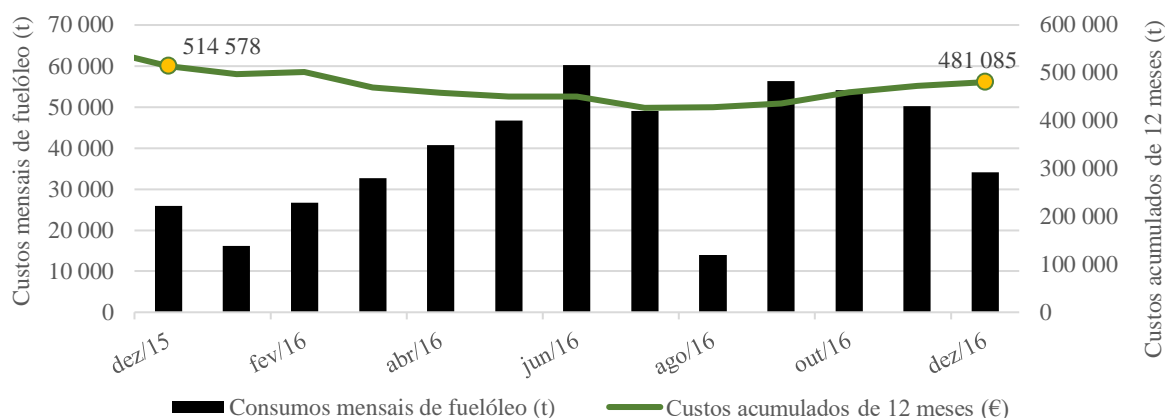


Figura 5.15 - Evolução mensal dos custos com fuelóleo (dezembro 2015 a dezembro 2016).

A análise conjunta da Figura 5.14 e Figura 5.15 evidenciam alguma variabilidade dos consumos sendo perceptível, tal como no consumo de energia elétrica, a redução de atividade da instalação no mês de agosto. Os custos acumulados (Figura 5.15) no final do ano de 2016 são menores aos verificados no fim de 2015, o que indica que os custos associados ao consumo de fuelóleo se mantiveram apesar do aumento no consumo de fuelóleo (Figura 5.14). Esta redução deve-se à redução do custo unitário do fuelóleo como é possível verificar na Figura 5.16, onde se verificou uma redução de quase 50 € quando comparado o custo médio acumulado em dezembro de 2016 com o mesmo mês de 2015.

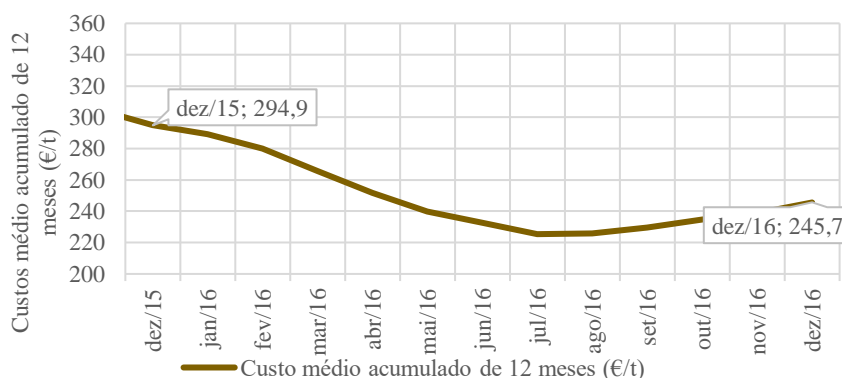


Figura 5.16 - Evolução do custo médio mensal do fuelóleo (acumulado de 12 meses)

A Tabela 5.2, resume os valores que dizem respeito ao consumo e custo do fuelóleo no ano de 2016.

Tabela 5.2 - Consumos e custos anuais com fuelóleo (2016)

ANO	Valor	Consumo		Custos		Emissões
		(t)	(tep)	(€/t)	(€)	
2016	Total	1 958	1 870	-	481 085	6 051
	Médio mensal	163	156	247	40 090	504

5.3.3 Propano

A energia térmica proveniente da queima de gás propano é fornecida a granel (processo produtivo) e em botijas (Cantina e AQS). A Tabela 5.3 resume os valores que dizem respeito ao consumo e custo do gás propano no ano de 2016.

Tabela 5.3 - Consumos e custos anuais com gás propano (2016)

ANO	Valor	Consumo		Custos		Emissões
		(t)	(tep)	(€/kg)	(€)	
2016	Total	34,4	37,8	-	26 447	99,8
	Médio mensal	2,9	3,2	0,77	2 204	8,3

5.3.4 Energia primária e emissões de CO2

Da análise à Figura 5.17, destaca-se a preponderância do fuelóleo nos consumos globais da instalação, associando-se a este combustível mais de 70% dos consumos de energia final da instalação e das 60% das emissões de CO_{2e}. Realça-se ainda que os consumos de propano são pouco significativos no contexto dos consumos globais de energia da instalação e o impacto da eletricidade na estrutura de custos energéticos, correspondendo a este vetor mais de 60% dos custos globais com energia.

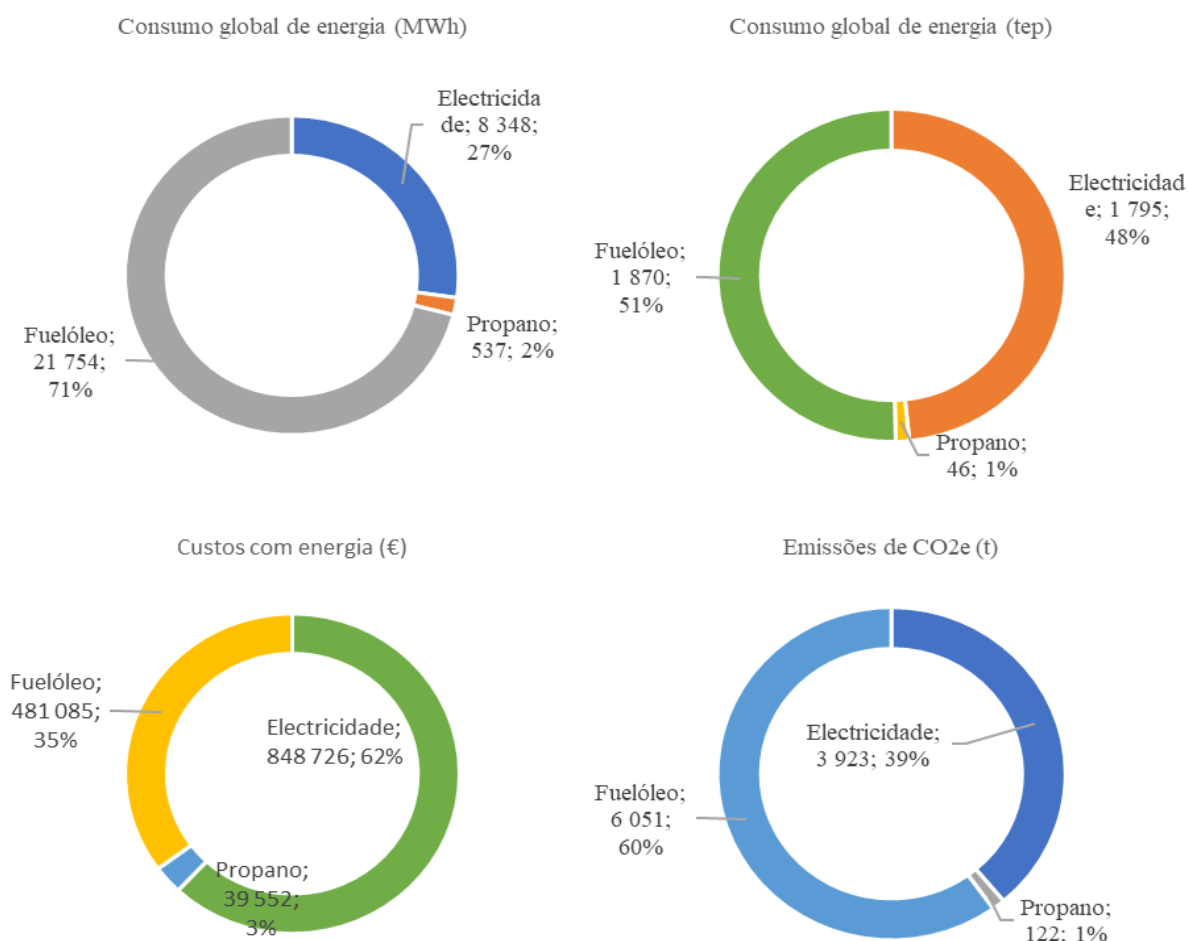


Figura 5.17 - Desagregação dos consumos, emissões e custos globais com energia (2016)

5.4 Consumo Energético de Referência (*Baseline*)

Este ponto procura criar uma relação entre os consumos de energia da instalação e a produção através dos modelos de regressão linear. Os resultados obtidos para a relação entre os consumos globais da instalação e dados de produção mensal permitem estabelecer uma correlação positiva entre as duas variáveis, dado que, o coeficiente “R²” apresentou valores superiores a 0,75.

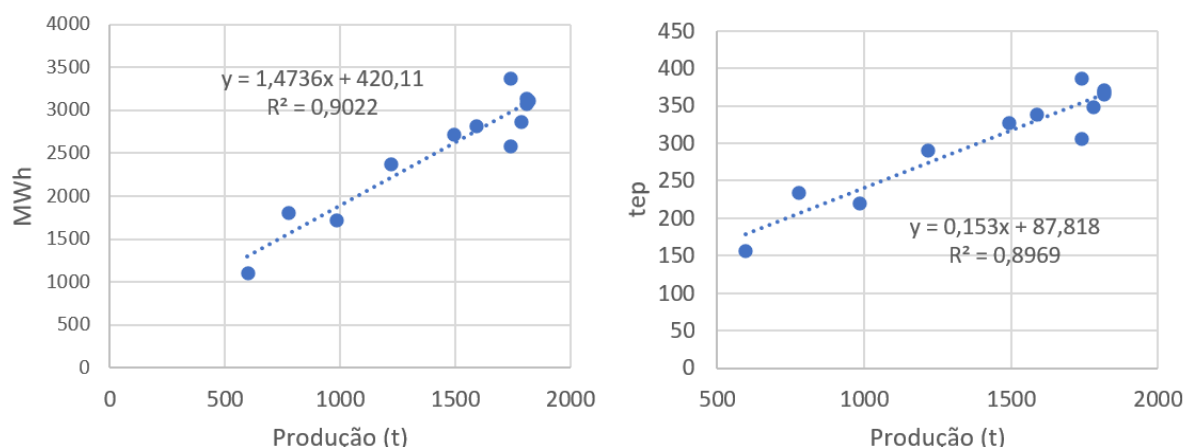


Figura 5.18 - Relação entre consumo energético e produção

Desta análise, ao considerar o comportamento da equação da reta ($y = mx + b$), é possível retirar os consumos de energia independentes da produção, tais como iluminação, escritórios e outros sistemas não relacionados diretamente à produção. Assim, no caso da relação entre energia final e produção, o valor independente é de 420,11 MWh (correspondente à variável b da equação), relativamente à energia primária (tep) o valor independente é de 87,8 tep. O valor associado à variável m da equação, representa a energia consumida por tonelada produzida, com 1,47 MWh/t para a energia final e na relação energia primária por tonelada produzida, esse valor é de 0,153 tep/t.

Foi analisada também a relação entre a energia consumida e as unidades produzidas de produto final (latas), no entanto, o R^2 obtido é muito inferior a 0,75, logo estas duas variáveis não apresentam uma correlação de dependência. (Anexo IV)

5.5 Indicadores Energéticos

Entende-se como indicador energético um valor, rácio ou modelo, adotado pela organização como medida do seu desempenho energético. Em situações ideais, recomenda-se a definição de indicadores com base no modelo de referência estabelecido para a instalação e/ou respetivas secções e coeficientes por ele gerados. [24].

Os dados e registos descritos até este ponto deverão ser utilizados, preferencialmente, para efeitos de aferição da evolução do desempenho energético da instalação e para efeitos de cálculo da poupança de energia, em custos e consumos evitados, com a possibilidade de implementação das BAT.

Segundo Pradella, *et al.* [25], os indicadores energéticos têm uma hierarquia com base em diversos níveis de análise:

- Descrever ou classificar o procura de energia ao relacionar o uso de energia com as atividades ou produto;
- Analisar a necessidade energética durante o tempo com a desagregação, análises temporais, entre outras;
- Explorar diferenças entre países com recurso aos dois passos anteriores;
- Explicar as principais forças na necessidade energética;
- Medir as consequências ambientais relacionadas com o uso de energia, como por exemplo as emissões de CO₂ associadas às atividades da instalação.

Nesse sentido, os indicadores energéticos selecionados encontram-se na Tabela 5.4, tendo por base o Decreto-Lei n.º 71/2008, de 15 de abril [8], [20] e [26].

Tabela 5.4 – Indicadores energéticos para apuramento de comportamento energético

Designação	Descrição	Unidade	Valor ano de referência
Intensidade energética	$\frac{\text{Consumo total de energia (kgep)}}{\text{Valor Acrescentado Bruto (VAB) (€)}}$	kgep/€	0,245
Consumo específico de energia	$\frac{\text{Consumo energético total (kgep)}}{\text{Toneladas matéria prima início processo}}$	kgep/t ^[1]	213,6
Intensidade Carbónica	$\frac{\text{Total de Emissões CO}_{2e} \text{ (t)}}{\text{Consumo total de energia (tep)}}$	tCO ₂ e/tep	2,72
Percentagem de fonte de energia	$\frac{\text{Consumo por fonte de energia (kWh)}}{\text{Total de consumo de energia (kWh)}}$	%	* ¹ EE – 27% * ² F – 71 %
Percentagem de energia fornecida internamente	$\frac{\text{Energia da recuperação interna de calor (kWh)}}{\text{Total de consumo de energia (kWh)}}$	%	0%
Consumo específico por produto final	$\frac{\text{Consumo energético total (Wh)}}{\text{Unidades produzidas}}$	Wh/lata ^[2]	313
Intensidade carbónica por produto final	$\frac{\text{Emissões totais (kgCO}_{2e})}{\text{Unidades produzidas}}$	kgCO ₂ e/ lata ^[2]	0,103
Intensidade Carbónica matéria prima à entrada do processo	$\frac{\text{Consumo energético total (tCO}_{2e})}{\text{Unidades produzidas}}$	tCO ₂ e/t ^[1]	0,58
[1] Toneladas de matéria prima no início do processo			
[2] Considerada uma lata com um peso total de 157g			

Em que:

- Intensidade Energética (IE): de acordo com definido no âmbito do SGCIE, relaciona o consumo total de energia (considerando apenas 50 % da energia resultante de resíduos endógenos e de outros combustíveis renováveis) diretamente com a atividade económica da respetiva instalação (VAB).

- A Intensidade Carbónica (IC): medida pelo quociente entre o valor das emissões de gases de efeito de estufa, resultantes da utilização das várias formas de energia no processo produtivo, que estão tabeladas por lei, e o respetivo consumo total de energia.

- Consumo Específico de Energia (CEE): segundo a definição no âmbito do SGCIE, é medido pelo quociente entre o consumo total de energia (eletricidade, fuelóleo e propano, no caso presente) e o volume de produção. De notar que quando há consumo de energia resultante de resíduos endógenos e de outros combustíveis renováveis considera-se apenas 50% desse consumo, o que não se aplica à instalação em estudo.

Encontram-se no Anexo V as tabelas com os dados dos respetivos indicadores de forma mais pormenorizada. Através deste ponto, será também possível aferir a mudança de comportamento destes indicadores com a aplicação das BAT selecionadas para avaliação.

6. Resultados e discussão

Em seguida são apresentados os resultados obtidos na análise à instalação e documentos de referência, bem como a discussão dos mesmos.

6.1 Desagregação de equipamentos e respetivos consumos energéticos

Neste ponto são apresentados os principais equipamentos e consumos, com os resultados obtidos através das medições realizadas nas instalações como representativos de regime de funcionamento dos equipamentos em causa no período de referência.

Assim, foi possível calcular as estimativas da desagregação dos consumos de energia elétrica e de energia térmica, sendo possível que existam erros. Esta análise permitirá uma identificação das áreas prioritárias na implementação de medidas de melhoria do ponto de vista energético.

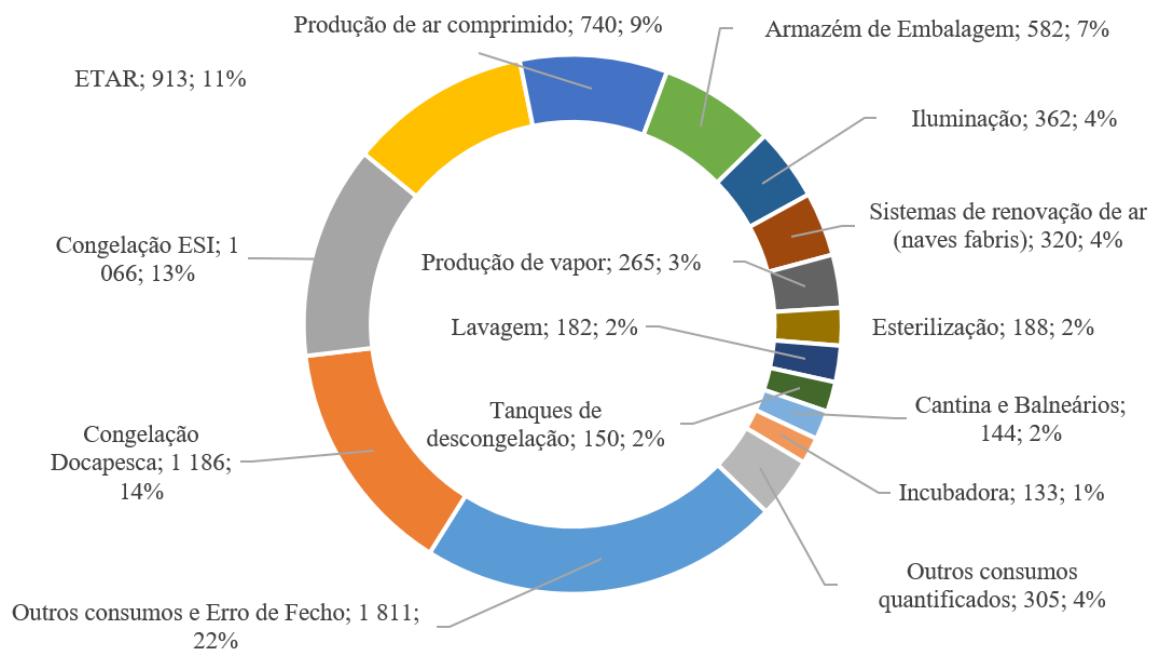


Figura 6.1 - Estimativa da desagregação global de consumos de energia elétrica [MWh; %] (2016)

No que diz respeito à desagregação de consumos de energia elétrica, destaca-se a dificuldade em apurar de forma precisa a origem dos consumos energéticos, uma vez que não existe uma divisão e mapeamento completo das ligações elétricas das instalações, comprometendo a leitura correta dos consumos associados a cada equipamento em particular. Pela análise da Figura 6.1, verifica-se o impacto da congelação e refrigeração no consumo de energia elétrica da instalação com uma percentagem total de 27% e o tratamento das águas provenientes do processo de produção, onde o consumo associado à ETARI representa 11% do total de energia elétrica consumida na instalação. Todos os restantes consumos se situam em valores inferiores a 10%, dispersos pelos mais variados processos.

A outra fonte energia relevante na instalação é o fuelóleo, com o propósito de produção de vapor, seja este para cozedura ou esterilização. Na Figura 6.2, estão representados os consumos por uso de energia, sendo possível verificar que o maior consumo de energia com origem no fuelóleo está relacionado com o processo de cozedura dos diferentes tipos de pescado, com um total de 48,4% (11 535 MWh) do consumo de energia proveniente desta fonte.

Apesar de uma percentagem menor, não é menos importante salientar o peso da esterilização, com 16,2% (3 850 MWh). Estes valores levam a uma apreciação inicial de que estes processos serão aqueles que apresentam um maior potencial de melhoria relativamente à eficiência no consumo de energia. No Anexo VI é possível consultar a tabela com os dados tratados.

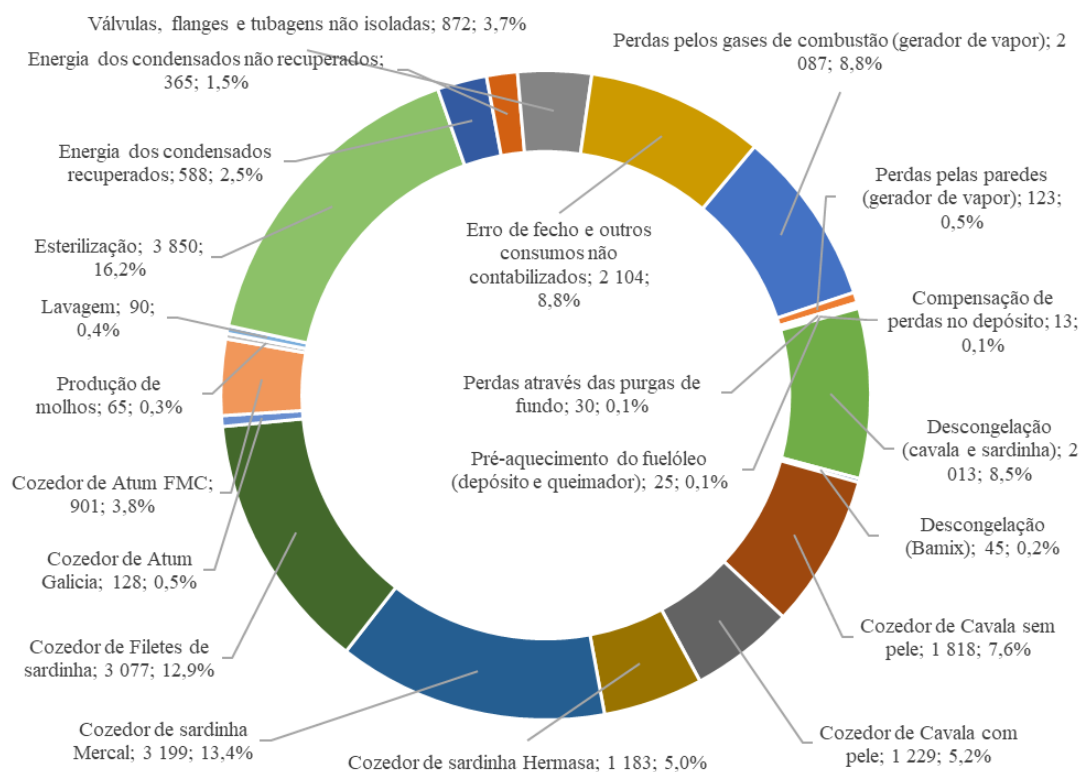


Figura 6.2 - Estimativa da desagregação global de consumos de fuelóleo (2016 – MWh; %)

Por fim, no que respeita à desagregação dos consumos, uma análise ao consumo global (energia elétrica + fuelóleo) para que no contexto da instalação se perceba o real peso de cada um dos vetores apresentados anteriormente. Deste modo, verifica-se que os maiores consumos energéticos da instalação estão associados aos cozedores (38%), esterilização (12%) e os associados à congelação e descongelação (14%).

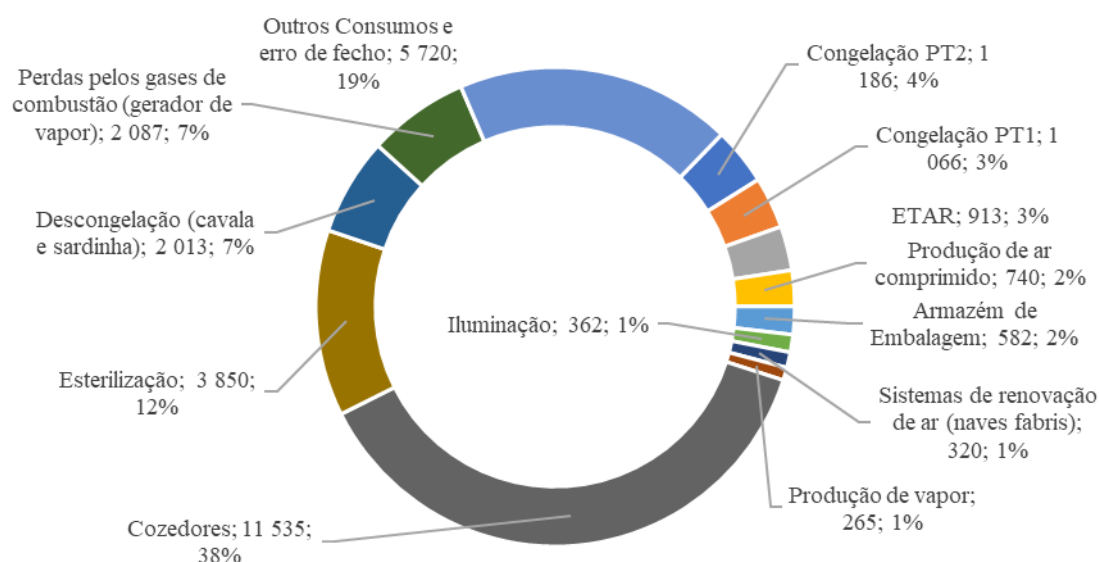


Figura 6.3 - Estimativa da desagregação dos consumos de energia final em 2016 (MWh; %)

Após a desagregação global, podemos verificar que o peso da congelação e refrigeração de 27%, quando avaliado apenas o vetor de energia, baixa para 7% quando considerados os consumos globais da instalação. Comparativamente ao valor apresentado no *Reference Document on Best Available*

Techniques in the Food, Drink and Milk Industries [16], onde o consumo energético médio, associado a estes processos se situa nos 16% no setor alimentar, a instalação encontra-se bastante abaixo deste valor, no entanto, quando se faz referência aos processos que envolvem calor, a instalação apresenta consumos na ordem dos 50%, quando em [16], o valor dado como referência se situa em 29%. É de salientar que os valores apresentados em [16] dizem respeito à indústria alimentar no geral, logo o peso de cada processo identificado é diferente de uma indústria para outra. No seguimento da afirmação anterior, poderá verificar-se que comparativamente à indústria em geral o setor das conservas recorre a mais processos com o uso de calor.

No sentido de obter uma efetiva melhoria no consumo de energia na instalação nas diferentes fontes, é fulcral que os principais pontos de intervenção passem pelos consumos dos processos referidos anteriormente, não esquecendo, no entanto, o potencial associado a medidas mais simples, como é exemplo a substituição da iluminação.

6.2 Identificação e avaliação da aplicabilidade de BAT

Após a análise dos documentos de referência das BAT, definiram-se aqueles que apresentam uma melhor possibilidade de implementação no caso de estudo bem como as previamente adotadas. Na Tabela 6.1, encontra-se um sumário das técnicas aplicáveis (nas quais incidem as medidas de melhoria estudadas), sendo que a tabela completa, com os dados das medidas selecionadas e verificação da sua implementação, se encontra disponível no Anexo VII.

Tabela 6.1 - Medidas de melhoria resultantes da análise dos documentos de referência para estudo

	Processos	nº	Técnicas a considerar na determinação das BAT
Medidas Gerais	Gestão de recursos	1	Sistema de monitorização
		2	Metodologia para prevenir e reduzir o consumo de água e energia
	Gestão de atividades	8	Aplicar isolamento no sistema térmico
Operações preliminares	Armazenamento	13	Automatização da produção e distribuição de frio
	Descongelação	16	Recuperação de condensados
Sistemas Auxiliares	Caldeiras/geração de vapor	33	Recuperação de calor dos gases de combustão/ Pré-aquecimento água de alimentação
		36	Utilização de Gás natural
		39	Redução de perdas de calor por isolamento
	Motores elétricos	44	Utilização de motores mais eficientes e correto dimensionamento
	Sistema de Ar comprimido	47	Melhorar o arrefecimento, secagem e filtragem
		51	Recuperar calor residual para uso em outras funções
		52	Reduzir fugas de ar comprimido
	Sistemas de bombagem	59	Sistema de controlo e regulação
		61	Uso de variadores eletrónicos de velocidade
	AVAC	65	Otimizar os motores elétricos e considerar a instalação de VSD
		67	Melhorar a eficiência dos sistemas de aquecimento e arrefecimento
	Iluminação	70	Formação de utilizadores para utilização eficiente
		71	Substituição de tecnologia existente por outra mais atualizada

As medidas encontram-se divididas por fase de produção e processos, e estão numeradas segundo as tabelas completas presentes no anexo já referido.

Na análise efetuada, foi possível contabilizar um total de 77 medidas aplicáveis ao caso de estudo, das quais 52 têm impacto no aumento do desempenho energético. As restantes dizem respeito a outras variáveis ambientais não estudadas no presente trabalho. Relativamente à instalação, esta apresenta 15 das 52 medidas implementadas, ou seja, cerca de 29% do total. Quando comparado com o verificado por P. Bello Bugallo *et al.* [17], referido no ponto 3 do presente trabalho, em que o estado de implementação das medidas, considerando apenas as medidas com impacto no desempenho energético¹, se situava entre 4% e 33%, verifica-se que a instalação se encontra no mesmo intervalo.

No objetivo de melhorar o desempenho da instalação, das 52 BAT aplicáveis (energia), foram selecionadas 15 para o estudo do seu impacto na instalação, após a sua aplicação, a percentagem de BAT seria de 58%.

Algumas destas 15 medidas estão integradas no mesmo cálculo, como é exemplo a substituição da caldeira a fuelóleo por uma de gás natural, onde se associa também a aplicação de um economizador de gases. Os resumos dos resultados mencionados encontram-se no capítulo 6.3.

6.3 Medidas de melhoria analisadas

Com o fim de atingir uma melhoria no desempenho energético, depois de caracterizada a instalação e depois de analisadas as BAT aplicáveis a este caso de estudo (indústria conserveira), segue-se o resumo dos resultados obtidos da análise à possível implementação das diferentes medidas selecionadas, num total de 15.

6.3.1 Substituição do Gerador de Vapor

A substituição do gerador de vapor (GV) atualmente em uso abastecido a fuelóleo, por um gerador abastecido a gás natural, viabiliza a geração de poupança energética, em custos e consumos evitados, por via:

1. De um eventual aumento da eficiência do gerador, associado a: um aumento do rendimento da conversão térmica; utilização de menores níveis de excesso de ar (a utilização de um combustível gasoso viabiliza melhores condições de mistura ar-combustível); maior eficiência das superfícies de transferência térmica (por via da diminuição dos fenómenos de incrustação, deposição e deterioração das mesmas); melhores condições de isolamento;
2. Da redução ou anulação dos consumos associados ao armazenamento e fornecimento de combustível (perdas associadas ao aquecimento do depósito de combustível, pré-aquecimento do fuelóleo a montante do queimador, bombagem de combustível);
3. Da utilização de um economizador nos gases de combustão, algo que, por via das características do combustível, não se revela, particularmente atrativo no caso do fuelóleo;

A presente medida de melhoria encontra-se avaliada para um cenário onde se registre:

- a) Uma produção de vapor equivalente à registada no ano de referência (30 mil toneladas de vapor saturado a uma pressão média de 6,7 bar;
- b) 5 700 horas de funcionamento do gerador;
- c) Substituição por completo da operação pelo gerador a gás natural (GN).

¹ Efetuada análise às tabelas existentes em [13], de modo a ajustar o comportamento das quatro instalações mencionadas nesse mesmo estudo ao da instalação analisada neste trabalho. Das 98 melhores técnicas (BAT) referenciadas [13], 24 eram aplicáveis à vertente de energia. Foi também efetuada uma análise a cada uma das medidas implementadas pelas instalações desse estudo, de modo a contabilizar apenas aquelas com impacto no vetor da energia.

Para a avaliação da medida em causa foram considerados os diferentes fatores envolventes do processo. Assim, considerou-se que o GV a GN irá operar com um excesso de ar de 8%, aproximadamente, e que a temperatura dos gases se situa nos 180°C. Ao considerar a composição elementar média do combustível e a produção de vapor em causa, calcula-se um caudal de gases de 5720 kg/h.

A potência térmica disponível nos gases, com uma diminuição de 60°C na respetiva temperatura e um calor específico de 1,12 kJ/kg°C, é de 107 kW. Com um funcionamento de 5 700 h/ano e que a energia útil de permuta rondará os 90% do total, a energia disponível por esta via é de aproximadamente 547,7 MWh. Ao considerar o reaproveitamento desta energia para pré-aquecimento dos 30 000 m³/anuais, estimou-se um aumento médio de 15,7°C, ou seja, passar dos atuais 45°C para quase 61°C.

Outros pontos a ter em consideração são:

- A melhor eficiência do gerador a gás natural em cerca de 3%;
- A quantidade de energia desperdiçada no pré-aquecimento do fuelóleo, com o recurso a vapor corresponde a 20% do total de energia fornecida por esta via;
- As perdas associadas ao sistema de permuta elétrica para pré-aquecimento do fuelóleo, corresponde a 5% da energia fornecida pelo vapor;
- A redução nos consumos de energia elétrica global em cerca de 5% do consumido no ano de referência.

Assim, com base nos pressupostos descritos, são apresentados em seguida (Tabela 6.2) os dados comparativos entre o sistema no ano de referência e o sistema após substituição da tecnologia, como consumo, emissões, custos e poupanças associadas a esta medida de melhoria.

Tabela 6.2 - Impactos nos consumos e custos energéticos da instalação

Fonte / vetor energético	Situação atual					
	MWh	Tep	tCO ₂ e	t	€	€/kWh
Consumo de Fuelóleo	21 754	1 870	6 051	1 958	478 594	0,022
Consumo de Gás Natural	0	0	0	0	0	-
Consumo de Eletricidade	265	57	125	-	27 030	0,102
Total	22 019	1 927	6 176	-	505 624	0,023
Fonte / vetor energético	Após medida de melhoria					
	MWh	Tep	tCO ₂ e	t	€	€/kWh
Consumo de Fuelóleo	0	0	0	0	0	0,022
Consumo de Gás Natural	20 554	1 767	4 742	1 641	452 185	0,022
Consumo de Eletricidade	252	54	118	-	25 679	0,102
Total	20 783	1 819	4 855	-	949 575	0,023
Fonte / vetor energético	Poupança (custos, consumos e emissões evitados)					
	MWh	Tep	tCO ₂ e	t	€	€/kWh
Total	1227	108	1322	317	29 111	0,023

A poupança energética associada à substituição da caldeira e combustível utilizados na produção de vapor toma um valor bastante relevante com um total de 1 227 MWh/ano, algo que se traduz numa redução em 108 tep/ano no consumo de energia primária da instalação, menos 2,9 % em relação ao ano de referência. Em seguida, Tabela 6.3, a quantificação percentual dos impactos no comportamento da instalação após implementação da medida face aos consumos no ano de referência.

Tabela 6.3 - Impactos nos consumos e custos energéticos da instalação

Custos evitados (€)	Energia primária evitada	Emissões evitadas	Redução no consumo de energia primária (%)	Redução nas emissões (%)	
	tep/ano	tCO ₂ e/ano	% (tep instalação)	Sistema inicial	Instalação
29 111	108	1 321	2,9	-21,4	-13,1

Foi assumido um valor unitário do kWh do GN igual ao fuelóleo para o presente estudo. A solução de gás natural apresenta potencial para um melhor rendimento e comportamento ambiental com uma diminuição nas emissões de gases com efeito estufa, em 1321 tCO₂/ano, menos 21% quando comparado com o sistema de fuelóleo e menos 13% no contexto global da instalação.

6.3.2 Sistema de monitorização do desempenho energético do sistema de produção de frio

A implementação de um sistema de monitorização do desempenho energético do sistema de produção de frio torna-se pertinente, dado que o sistema sofre ajustes pontuais de forma não otimizada, ou seja, manualmente e baseada em pressupostos, sem existir a possibilidade de avaliar os impactos resultantes dessas intervenções. Deste modo, a instalação de um sistema de monitorização é essencial para um acompanhamento momentâneo das condições de operação do sistema de produção de frio, possibilitando intervenções mais acertadas e com a possibilidade de serem feitas automaticamente em resposta às condições existentes.

Os resultados associados à implementação desta medida são, no entanto, difíceis de quantificar dado o número de variáveis a considerar. O sistema seria composto pelos seguintes instrumentos [24]:

- 5 contadores de electricidades e respetivos transformadores de corrente (TI) (compressores e condensador evaporativo);
- 1 Contador de água de reposição da bacia do condensador evaporativo;
- 1 sensor de temperatura (água de reposição da bacia do condensador evaporativo);
- 1 sensor de humidade relativa e temperatura (ar à entrada do condensador evaporativo);
- 1 sensor de temperatura (ar à saída do condensador evaporativo);
- 1 sensor de pressão atmosférica.

Seria, assim, possível integrar as seguintes funcionalidades no sistema:

- Cálculo do caudal de ar alimentado ao condensador, por relação estabelecida, através de medições prévias no local, com o respetivo perfil de carga elétrica (m³ por kW absorvido pelo ventilador);
- Determinação da humidade absoluta do ar à entrada, com base nos valores de humidade relativa, temperatura e pressão atmosférica;
- Normalização e cálculo do caudal mássico de ar alimentado ao condensador e respetiva entalpia;
- Determinação do caudal mássico de água de reposição e respetiva entalpia;
- Cálculo, por balanço mássico, da humidade absoluta do ar à saída do condensador evaporativo;
- Determinação da entalpia do ar à saída;
- Determinação do rendimento do condensador evaporativo;
- Determinação do coeficiente de desempenho (COP) do sistema.

Esta ferramenta possibilita o registo histórico e a visualização em tempo real das variáveis-chave do sistema. Assim, ao considerar que a poupança de energia alcançada por via da utilização do mesmo se situará nos 10% (importância que conduziria, nas condições ensaiadas, a um aumento do COP dos 2,9 para os 3,3) calculam-se os resultados associados a esta medida de acordo com o exposto na Tabela 6.4.

Tabela 6.4 - Poupanças associadas à implementação de um sistema de monitorização e controlo do sistema de produção de frio 2

Poupança (MWh/ano)	Poupança (tep/ano)	Poupança (€/ano)	Redução no consumo de eletricidade (%) ⁽¹⁾	Redução no consumo de energia primária (%) *
117	25	11 934	1,4	0,7

(1) face aos consumos de referência da instalação (2016)

Como é possível verificar, esta medida poderia implicar uma redução em 117 MWh/ano, o que se traduz em menos 11 934€/ano na fatura energética da instalação, menos 1,4% do consumo de eletricidade.

6.3.3 Aplicação de correias de alto rendimento

Ao analisar os equipamentos existentes no sistema de produção de frio do edifício destinado a conservação, verificou-se a existência de correias de transmissão do tipo trapezoidais lisas com a seguinte distribuição:

Tabela 6.5 - Quantificação de correias por equipamento

Equipamento	Compressor 1	Compressor 2	Compressor 3	Compressor 4	Ventilador do condensador
Nº de correias	6	6	8	6	4

Este tipo de correias tem, normalmente, maiores perdas de eficiência associadas a escorregamento e fricção quando comparadas com correias trapezoidais dentadas, verificando-se uma diferença de rendimento de que pode ir de 2 a 10% [12]. Assim, tendo em consideração uma melhoria de desempenho “conservadora” de 4%, estimou-se uma poupança de 36 MWh/ano. Esta medida pode representar uma poupança anual de 3672 € com um impacto no consumo de energia primária em menos 0,2% em face ao ano de referência, estes dados são apresentados na Tabela 6.6.

Tabela 6.6 - Impactos nos consumos e custos energéticos da instalação

Poupança (MWh/ano)	Poupança (tep/ano)	Poupança (€/ano)	Redução no consumo de eletricidade (%)	Redução no consumo de energia primária (%)
36	8	3 672	0,4	0,2

6.3.4 Otimização do sistema de produção de frio da instalação

Aqui, englobam-se dois locais de intervenção relacionados com o frio da instalação, um diz respeito ao condensador evaporativo das instalações destinadas apenas a conservação (2) e o outro à otimização do regime de funcionamento do sistema de produção de frio das instalações para o produto rececionado (1). No fim serão consideradas as poupanças associadas de ambas as medidas.

Otimização do regime de funcionamento do sistema de produção de frio das instalações de receção de produto (1).

O sistema de produção e distribuição de frio existente nas instalações para o produto rececionado designado por “SPDF-1” tem por base um único compressor de parafuso, de acoplamento direto, equipado com um arrancador suave. A energia frigorífica produzida neste sistema destina-se unicamente a 2 duas câmaras de congelação. O calor retirado a estes equipamentos é dissipado num condensador evaporativo com 6 ventiladores axiais e 4 estágios de operação.

Os consumos de energia elétrica associados ao PT-1 no ano de referência são de 15,6%, encontrando-se a operar em condições de baixa eficiência, tendo-se obtido, nos ensaios realizados COP próximos de 1, consideravelmente inferior ao COP de referência do compressor (1,8). A razão poderá ser o baixo regime de carga do compressor disponibilizar uma potência média frigorífica entre os 120 e os 140 kW, ou seja, entre 35 e 40% da potência frigorífica nominal deste equipamento (338 kW).



Figura 6.4 - Compressor e condensador evaporativo 1 [24]

Dada a informação do fabricante, o motor e controlador atuais não estão preparados para a solução de variação de velocidade pelo que teriam de ser substituídos por equipamentos adequados ao efeito, com elevados custos associados em comparação com a simples instalação de um variador. Neste contexto, poderá tornar-se mais favorável a substituição do atual compressor por um com melhor grau de eficiência. Apresentam-se, na Tabela 6.7, a projeção dos impactos associados ao aumento do COP médio do sistema. Os resultados obtidos evidenciam a relevância da medida em termos de potenciais impactos na redução de consumos da instalação, ao considerar um aumento do COP para valores próximos daqueles registados no sistema 2 (COP = 3), por exemplo, seria de esperar uma redução de 6,5% dos consumos de energia elétrica globais da instalação e 117 tep/ano.

Tabela 6.7 - Impactos associados a potenciais aumentos do COP médio do sistema

Consumo ⁽¹⁾ (MWh/ano)	COP ⁽²⁾	Energia Frigorífica (MWh)	Redução nos consumos de energia ⁽⁴⁾	Poupança (MWh)	Poupança (tep)	Poupança (€)	% redução ⁽³⁾ (eletricidade)	% redução ⁽³⁾ (tep)
273	3,0	819	67%	546	117,4	55 675	6,54	3,16

- (1) Consumos de referência do compressor;
(2) Coeficiente de desempenho operacional do sistema associado unicamente aos consumos do compressor;
(3) Face aos consumos de referência globais da instalação (2016);
(4) Face aos consumos de energia de referência do compressor.

No total (Tabela 6.8), quando associada a otimização em ambos os sistemas de distribuição de frio, a redução em consumo de energia estima-se em 594 MWh/ano (uma redução de 7,1% no consumo de eletricidade) que reduzem os custos em 60 588€/ano. A redução de energia primária na instalação seria de 3,4%, resultado da redução de 128 tep/ano.

Tabela 6.8 – Dados do potencial de poupança com otimização do sistema de produção de frio da instalação

Poupança (MWh/ano)	Poupança (tep/ano)	Poupança (€/ano)	Redução no consumo de eletricidade (%) ⁽¹⁾	Redução no consumo de energia primária (%)
594	128	60 588	7,1	3,4

- (1) Face aos consumos de referência da instalação (2016)

Controlo da capacidade do condensador evaporativo no edifício para conservação (2)

Esta ação prevê a aplicação de variação eletrónica de velocidade (VEV) no ventilador do condensador evaporativo como resposta ao controlo da capacidade do mecanismo, de forma a substituir o atual sistema *on/off*.

Através da modulação da velocidade é possível obter benefícios energéticos diretos e colaterais, como uma menor deterioração dos sistemas e equipamentos ao reduzir o número de paragens e arranques. A



Figura 6.5 - Condensador evaporativo 2

poupança de energia associada a esta medida foi calculada tendo por base resultados e informação de referência obtidos em bibliografia especializada [27], [28].

Segundo os dados apresentados, a energia consumida em regimes de velocidade constante diminui de forma linear com o funcionamento em carga parcial do condensador, no regime de VEV é visível a relação de quarta potência existente entre a potência térmica dissipada e a potência elétrica absorvida pelo ventilador do condensador. Ao considerar os dados de ensaio relativos à potência elétrica média absorvida pelo ventilador, verificou-se que se situam dentro dos registos expectáveis, foi ainda possível estimar as poupanças associadas ao regime de VEV.

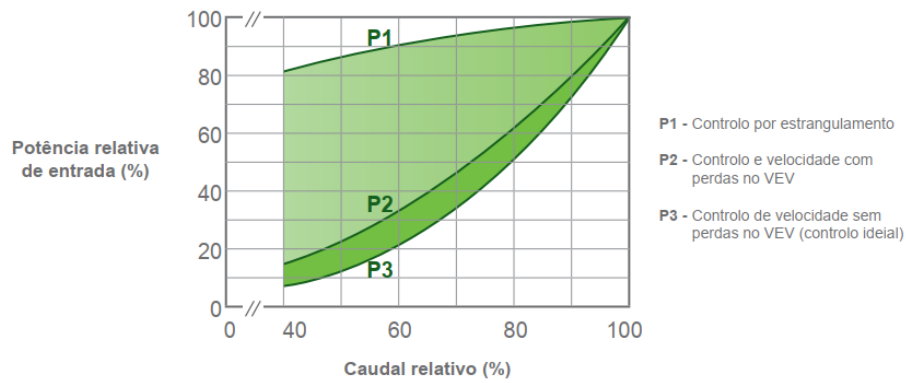


Figura 6.6 - Potências relativas de entrada para vários métodos de controle do caudal de uma bomba centrífuga [27]

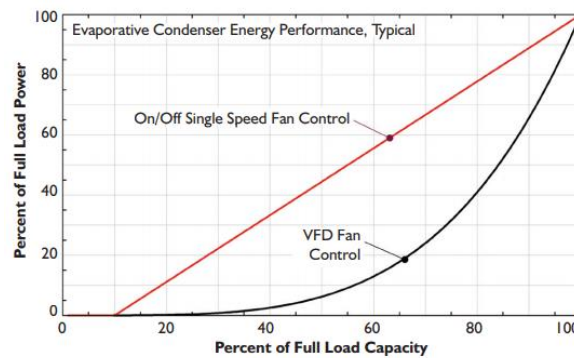


Figura 6.7 - Desempenho energético de um ventilador de um condensador evaporativo em on/off vs. VEV/VDF [28]

Para estes efeitos, e tendo em consideração que não é possível, na situação em causa, determinar o calor absorvido pela fonte fria (calor absorvido nos evaporadores), avaliar-se-á o COP associado à dissipação de calor na fonte quente (condensador), a Figura 6.7 apresenta a fronteira considerada para o cálculo do COP (Equação 6.1). Considerou-se:

$$COP_{ref.} = \frac{P_d}{W} - 1 \quad (6.1)$$

Em que,

- $COP_{ref.}$ - Coeficiente Operacional de Desempenho na Refrigeração
 P_d - Potência térmica dissipada no condensador evaporativo (kW)
 W - Potência elétrica absorvida pelos compressores (kW)

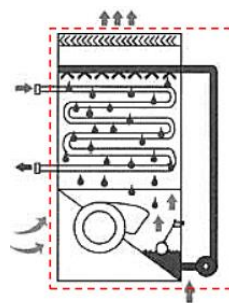


Figura 6.8 - Fronteira considerada para o balanço energético do condensador evaporativo [24]

A energia térmica retirada ao fluido frigorígeno pôde, desta forma, ser calculada através da equação 6.2:

$$Q_{NH_3} = Q_{ar_{out}} - Q_{água_{in}} - Q_{ar_{in}} \quad (6.2)$$

Em que,

$Q_{água_{in}}$ = energia térmica transportada pela água de reposição

Q_{NH_3} = energia térmica retirada ao fluido frigorígeno

$Q_{ar_{in}}$ = energia térmica transportada pelo ar à entrada

$Q_{ar_{out}}$ = energia térmica transportada pelo ar à saída

O balanço realizado desta forma, com base nos valores indicados, resulta nos valores apresentados na Tabela 6.9. O valor de COP calculado ($COP = 2,9$) para as condições em causa revela-se relativamente inferior ao expectável, indiciando a existência de um potencial de poupança de energia significativo, associado a uma eventual melhoria/ajuste das condições operacionais do sistema no regime em análise. Em anexo encontram-se os dados registados nos ensaios.

Tabela 6.9 - Dados de ensaio ao desempenho do condensador evaporativo

Parâmetro	Unidade	Valor
Potência térmica transportada pela água de reposição	kW	12,8
Potência térmica retirada ao fluido frigorígeno	kW	482,9
Potência térmica transportada pelo ar à entrada	kW	261,8
Potência térmica transportada pelo ar à saída	kW	757,5
Potência elétrica absorvida pelos compressores	kW	124,8
Coeficiente Operacional de Desempenho na Refrigeração	-	2,9

A Tabela 6.10 apresenta o potencial de poupança associada à implementação de variação eletrónica de velocidade no sistema em causa.

Tabela 6.10 - O potencial de poupança associada à implementação de variação eletrónica de velocidade

Poupança (MWh/ano)	Poupança (tep/ano)	Poupança (€/ano)	Redução no consumo de eletricidade (%) ⁽¹⁾	Redução no consumo de energia primária (%)
49	10,4	4 950	0,6	0,3

(1) Face aos consumos de referência da instalação (2016)

Como é possível verificar, estima-se valores de poupança energética a rondar os 49 MWh/ano o que se reflete num potencial de poupança perto dos 5000 €/ano. Em relação ao peso desta medida na redução de consumo de energia primária na instalação, é expectável uma redução de 0,3 pontos percentuais.

6.3.5 Recuperação de condensados – tanques de descongelação

O processo de descongelação da cavala e da sardinha realiza-se em 6 tanques de descongelação abertos, com as seguintes dimensões:

Tabela 6.11 - Descrição tanques de descongelação

Referências dos tanques	Produto	Largura (m)	Altura (m)	Comprimento (m)	Volume (m3)
1, 2 e 3	Sardinha	1,3	0,7	17,42	15,9
4 e 5	Cavala	1,3	0,7	17,42	15,9
6	Cavala	1,89	0,77	16,67	24,3



Figura 6.9 - Tanque de descongelação e sistemas associados

Os tanques são aquecidos a uma temperatura entre os 22 e os 25°C, com recurso a um permutador (serpentina) que recebe água aquecida a cerca de 45°C num sistema de permuta com vapor. A água de aquecimento dos tanques circula, desta forma, em circuito fechado, com recurso a eletrobombas com potências elétricas unitárias próximas dos 2 kW, que funcionam unicamente quando há permuta térmica, é possível ver estes sistemas representados na Figura 6.9. Os condensados de vapor resultantes deste processo não são recuperados. Na Figura 6.10 representa-se, esquematicamente, o processo de aquecimento de um tanque.

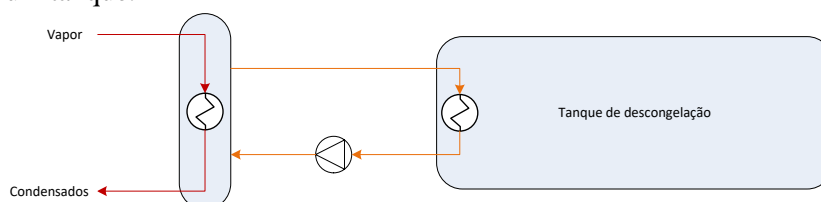


Figura 6.10 - Esquema do processo de aquecimento dos tanques de descongelação

Na Tabela 6.12 apresentam-se os resultados dos balanços de massa e energia (valores anuais) estabelecidos para os tanques de descongelação da sardinha e da cavala a partir de registos locais e de informação disponibilizada pela instalação, assumindo como calor específico do pescado um valor de 3,6 kJ/kg °C.

Tabela 6.12 - Balanço de energia térmica dos tanques de descongelação (valores anuais)

Parâmetro	MWh/ano	%
Total de energia térmica fornecida aos tanques de descongelação	2.378	100
Perdas através do ar ventilado	41	1,7
Calor de aquecimento da água de descongelação	198	8,3
Calor de aquecimento da carga	651	27,4
Calor de reação (fusão do gelo)	1 078	45,3
Perdas por radiação e convecção	45	1,9
Perdas nos condensados	365	15,3
Total	2 378	100

Num ano de produção equivalente àquela registada em 2016, serão desperdiçados perto de 365 MWh de energia térmica nos condensados de vapor resultantes do processo de aquecimento dos tanques de descongelação. Assim, estudou-se a hipótese de se proceder à recuperação destes condensados.

As poupanças energéticas alcançadas por esta via referem-se, às decorrentes dos consumos de energia elétrica evitados com processamento da água residual na ETARI, dos consumos de combustível, associados ao aquecimento da água de alimentação do gerador e aos consumos associados ao tratamento de água da rede. Para efeito de cálculo de poupanças, consideraram-se os seguintes valores:

- Consumo específico da ETARI em 2,23 [kWh/m³];
- O rendimento do gerador de vapor em 89%;
- 90% de rendimento no aproveitamento do calor sensível dos condensados;

- Temperatura média anual da água da rede de 17 °C.
- 3100 toneladas de água de alimentação do gerador

Calcula-se o potencial de poupança associado a esta medida, em custos e consumos evitados, de acordo com o exposto na seguinte Tabela 6.13.

Tabela 6.13 - Dados potencial de poupança com recuperação de calor de condensados

Vetor energético	Poupança (MWh/ano)	Poupança (tep/ano)	Poupança (€/ano)	Redução no consumo do vetor energético (%) ⁽¹⁾	Redução no consumo de energia primária (%) *
Fuelóleo	281	24	6 182	1,3	0,65
Eletricidade	13	3	1 326	0,2	0,08
Total	294	27	7 508	-	0,73

A implementação desta medida representaria uma poupança global no consumo de energia primária de 27 tep/ano (0,73% no total da instalação) que representa uma poupança de 7 508 €/ano.

6.3.6 Identificação e correção de fugas de ar comprimido

O ar comprimido é um produto de elevado consumo energético, com rácios 0,1 kWh/Nm³ [29]. Sendo as fugas de ar comprimido impossíveis de eliminar na sua totalidade, deve considerar-se o valor de 10% um máximo admissível. Estima-se que indústria portuguesa tenha perdas na produção de ar comprimido entre 15 e 50% [29].

Neste caso, verificou-se que a potência média absorvida pelos compressores, em períodos de paragem da atividade produtiva, se situa em valores próximos dos 21,5 kW. Desta forma, e de acordo com as avaliações efetuadas [24], calcula-se que o consumo de energia elétrica anual associado à compensação de fugas na rede de distribuição se possa situar, nas condições atuais, perto dos 125 MWh. Registos bastante significativos que representam cerca de 17% do consumo de energia elétrica associada à produção de ar comprimido (740 MWh), custos superiores a 12 500 €/ano e cerca de 1,5% dos consumos globais de energia elétrica no ano de referência.

Para efeitos de eventual submissão da presente medida consideraram-se, tendo em conta os valores tipicamente associados aos processos em causa, os registos relativos a uma redução de 75% do consumo em fugas. Na tabela seguinte resumem-se os valores de poupança (em custos e consumos evitados) e os impactos desta medida nos consumos de referência da instalação.

Tabela 6.14 - Poupanças estimadas com correção de fugas de ar comprimido

Poupança (MWh/ano)	Poupança (tep/ano)	Poupança (€/ano)	Redução no consumo de eletricidade (%) *	Redução no consumo de energia primária (%) *
94	20	9 588	1,1	0,5

Assim, com a redução de 75% das fugas no sistema de distribuição de ar comprimido estima-se que, dos 17% de consumo de energia elétrica só para a alimentação de fugas, esse valor diminua para 5%, dentro do intervalo máximo admissível (máximo 10%). Esta redução significa uma poupança de 20 tep/ano em energia primária e 9 588 €/ano em custos evitados.

6.3.7 Substituição de sistema de climatização na incubadora

A incubadora diz respeito à conclusão do processo de produção de saladas, com a colocação do produto final numa câmara de incubação, na qual permanece sete dias a uma temperatura próxima dos 38°C. O aquecimento desta câmara é realizado com o recurso a um termoventilador cuja imagem e diagrama de carga referente a um período de 24 horas (período de integração de dados de 1 minuto) se apresentam na figura seguinte.

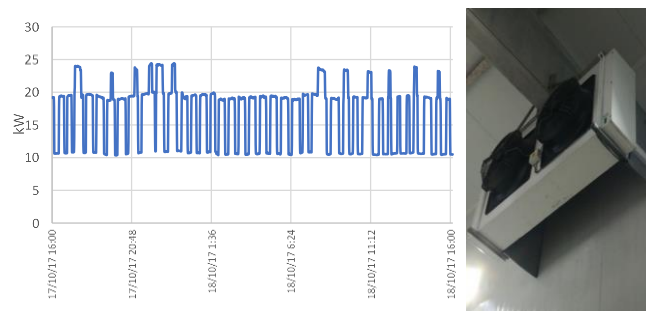


Figura 6.11 - Diagrama de carga – termoventilador da incubadora

Ao considerar os resultados obtidos (potência média absorvida de 16,5 kW) como representativos de um regime médio de funcionamento do equipamento em análise no ano de referência, estima-se que o respetivo consumo anual se situe em valores próximos dos 130 MWh.

O atual sistema funciona com um COP próximo de 1 (resistências elétricas), logo existe um potencial de poupança associado à substituição do termoventilador por uma bomba de calor (com potência calorífica entre 25 kW e 30 kW) e ventiloconvectores.

Os consumos associados ao termoventilador são de 130 MWh/ano, ao verificar-se a sua substituição por um equipamento com um COP de 3, os valores de poupança e os impactos desta medida nos consumos previstos encontram-se na Tabela 6.15.

Tabela 6.15 - Poupanças estimadas com a substituição do sistema de climatização da incubadora

Poupança (MWh/ano)	Poupança (tep/ano)	Poupança (€/ano)	Redução no consumo de eletricidade (%)	Redução no consumo de energia primária (%)
86	19	8 772	1,0	0,5

Esta medida apresenta uma diminuição de 0,5% no consumo de energia primária da instalação (19 tep/ano) e representa uma poupança estimada em 8 772 €/ano.

6.3.8 Recuperação do calor residual dos compressores de ar

A presente medida de melhoria assenta no facto de nenhum dos compressores em uso dispor de um sistema de recuperação da energia térmica dissipada durante o processo de compressão de ar. De acordo com os dados do fabricante (AtlasCopco), a aplicação de um kit “Energy Recovery”, dedicado a estes fins, permite efetuar a recuperação de parte da energia térmica dissipada pelo sistema de refrigeração do equipamento (75%), que representará cerca de 90% do total de energia elétrica consumida pelo compressor. O potencial de aproveitamento energético associado a esta solução situar-se-á em registos próximos de 470 MWh/ano, dado que em termos anuais estima-se um consumo total de 700 MWh dos compressores (Anexo VIII), a que acresce o consumo dos secadores em cerca de 40 MWh. A potência elétrica média consumida devido à compensação de fugas de ar comprimido na rede de distribuição situar-se-á, em termos anuais, em valores próximos dos 125 MWh (Ponto 6.3.6).

A utilização dos sistemas “Energy Recovery” para pré-aquecer a água alimentada ao gerador de vapor, corresponderia um aumento de temperatura na mesma de cerca de 15 °C, o que revela a adequabilidade desta serventia, quer em termos das temperaturas, quer em termos de capacidade de aproveitamento da energia disponível. Na tabela seguinte resumem-se os valores de poupança (em custos e consumos evitados) e os impactos desta medida nos consumos de referência da instalação.

Tabela 6.16 – Poupanças estimadas na recuperação de calor dos compressores de ar comprimido

Poupança (MWh/ano) ⁽¹⁾	Poupança (tep/ano)	Poupança (€/ano)	Redução no consumo de fuelóleo (%) ⁽²⁾	Redução no consumo de energia primária (%) ⁽²⁾
263	23	5 786	1,2	0,6

(1) Fuelóleo.

(2) Face aos consumos de referência (2016)

Associadas a esta melhoria estão a redução dos custos da instalação em 9 200 €/ano e de 23 tep/ano no consumo de energia primária, o que equivale a uma redução de 0,6% no total da instalação.

6.3.9 Otimização do período de funcionamento das máquinas retráteis

Através dos registos obtidos através de medições elétricas nos equipamentos em causa e por observação direta, a totalidade das máquinas retráteis são mantidas em funcionamento contínuo durante os turnos, mesmo em períodos onde não se regista a respetiva utilização.

Para efeitos de quantificação dos impactos associados a esta situação efetuou-se, por amostragem, o processo de análise subsequente:

- Monitorizou-se, por um período de 3 dias, o diagrama de carga de duas retráteis (máquinas 7 e 9), utilizando-se um período de integração de dados de 5 segundos;
- Com base nos registos obtidos, identificaram-se os períodos de paragem efetiva (ausência de consumos) dos equipamentos em análise;
- Com o recurso aos registos informáticos relativos à presença de operador na linha em causa, identificaram-se os períodos, no intervalo de tempo monitorizado, em que se registou uma produção efetiva nos equipamentos em análise (os mesmos são alimentados de forma manual).

A título ilustrativo apresenta-se, na figura seguinte, parte do diagrama de carga obtido para a retrátil 7, sendo possível visualizar o único período de paragem registado no equipamento em análise durante a totalidade do período monitorizado.

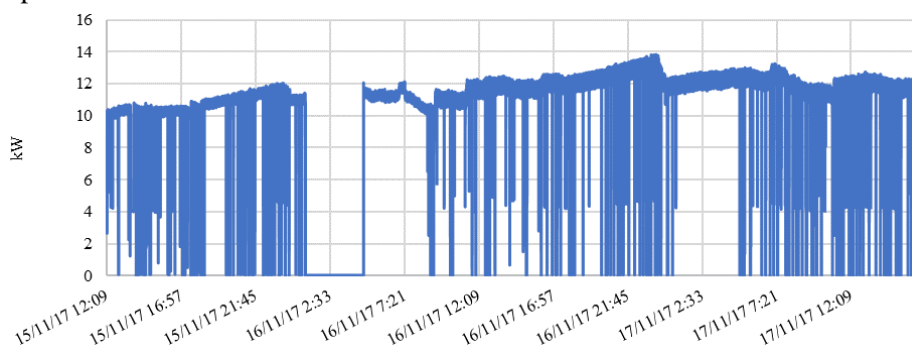


Figura 6.12 - Diagrama de carga retrátil 7

Os resultados obtidos evidenciam que, no período monitorizado, registaram-se períodos consideravelmente distintos de utilização efetiva destas máquinas (4,3 % no caso da máquina 7 e 42,5% no que se refere à máquina 9). Regista-se, que ambas as máquinas se mantiveram em funcionamento durante perto de 90% do período total monitorizado Tabela 6.17.

Tabela 6.17 - Resultados obtidos da análise aos equipamentos

Retrátil	Período monitorizado		Total de dias	Total de horas	Retrátil ligada		Utilização da retrátil	
	Início	Fim			h	%	h	%
Máquina 7	14-11-2017 15:20	17-11-2017 16:45	3,06	73,42	67,42	91,8	3,14	4,28
Máquina 9	14-11-2017 16:00	17-11-2017 16:30	3,02	72,50	64,83	89,4	30,78	42,45

Note-se que a realização de uma análise expedita aos dados fornecidos (registos informáticos relativos à presença de operadores nas linhas equipadas com retráteis), permite concluir que, em termos médios, a percentagem de tempo associada à utilização efetiva das retráteis situa-se em valores consideravelmente inferiores aos obtidos para a máquina 9, situando-se os mesmos numa ordem de grandeza próxima de 15%.

Considera-se, desta forma, que existe um potencial de poupança significativo associado à adoção de um procedimento de operação das máquinas retráteis que restrinja o seu regime de funcionamento ao período em que, efetivamente, são utilizadas para efeitos produtivos. Neste contexto, assumindo uma perspetiva de análise “conservadora” e considerando “exigências” do sistema produtivo relacionados

com a disponibilidade destes sistemas e os aspetos funcionais associados aos períodos necessários à sua operacionalização (arranque e paragem) considerou-se apenas a redução em 50% do período de funcionamento global das máquinas retráteis. Esta medida, para a qual não se preveem investimentos significativos face ao respetivo potencial de poupança, poderá ter como resultados em custos evitados aqueles que se apresentam na tabela seguinte.

Tabela 6.18 - Impactos da implementação da medida

Consumos atuais (MWh)	Redução esperada (%)	Consumos evitados				Custos evitados (€/ano)	Emissões evitadas tCO _{2e}
		MWh	% ⁽¹⁾	tep	% ⁽²⁾		
403	50	201	2,4	43	1,2	20 502	95

(1) Face aos consumos de referência de energia elétrica;

(2) Face aos consumos globais de referência de energia primária;

Esta medida tem, à partida, um importante impacto associado a um investimento muito reduzido, dado ser necessário apenas um melhor planeamento da necessidade de cada uma das máquinas retráteis em função do produto a embalar. Assim, ao apostar na formação dos colaboradores os valores de poupança podem chegar a 20 502 €/ano em custos e 43 tep/ano em energia primária consumida, num total de 1,2% no cômputo geral da instalação.

6.3.10 Sistema de monitorização e reporte dos consumos energéticos (instalação)

A implementação de um Sistema de Monitorização e Reporte dos Consumos de Energia (SMRCE), poderá constituir-se como a base de uma medida baseada na deteção e correção atempada de potenciais desvios a condições otimizadas de uso e consumo de energia elétrica, e de energia térmica nos principais utilizadores destes recursos (centros de custos).

Com a análise dos dados obtidos, e ao considerar que o consumo de energia depende da produção, são estabelecidos valores padrão para que sirvam de referência aos desempenhos energéticos da instalação no futuro. No Anexo IX, caracterizam-se genericamente os pontos de medição e as variáveis de reporte de um potencial SMRCE, ajustado às características da instalação.

Este sistema de monitorização não constitui diretamente qualquer tipo de poupança. Para que tal suceda, a informação extraída pelo mesmo deve ser interpretada por um colaborador competente na vertente energética, ou seja, com capacidade de proceder a uma análise crítica dos resultados obtidos, na qual poderá identificar e promover medidas corretivas no sentido de otimizar o sistema.

Assumindo para efeitos de ponderação de um único cenário (numa perspetiva “conservadora”) uma poupança (consumos evitados) equivalente a 2,6% da globalidade dos consumos de energia primária da instalação face ao ano de referência, obtêm-se os indicadores apresentados na tabela seguinte:

Tabela 6.19 - Poupanças estimadas após implementação do sistema de monitorização

Consumos evitados (MWh/ano) ⁽¹⁾	Consumos evitados (tep/ano)	Redução na energia primária (%) ⁽¹⁾	Emissões evitadas (t/CO _{2e})	Redução tCO _{2e} (%) ⁽²⁾	Custos evitados (€/ano)
789	96	2,6	262	262	35 038

(1) 221 MWh de eletricidade e 568 MWh de fuelóleo;

(2) face aos consumos de referência (2016)

6.3.11 Isolamento de válvulas e flanges

Ao longo do processo de auditoria foram identificadas inúmeras situações associadas a perdas de energia térmica devido à inexistência de condições de isolamento adequadas em válvulas, flanges e tubagens dispostas ao longo da rede de produção e distribuição de vapor. É possível verificar nas imagens termográficas na Figura 6.13, retiradas na instalação, os pontos mais críticos de perdas térmicas, onde se tornam particularmente dispendiosas sob o ponto de vista energético e financeiro devido às temperaturas elevadas do fluido em causa (170°C).

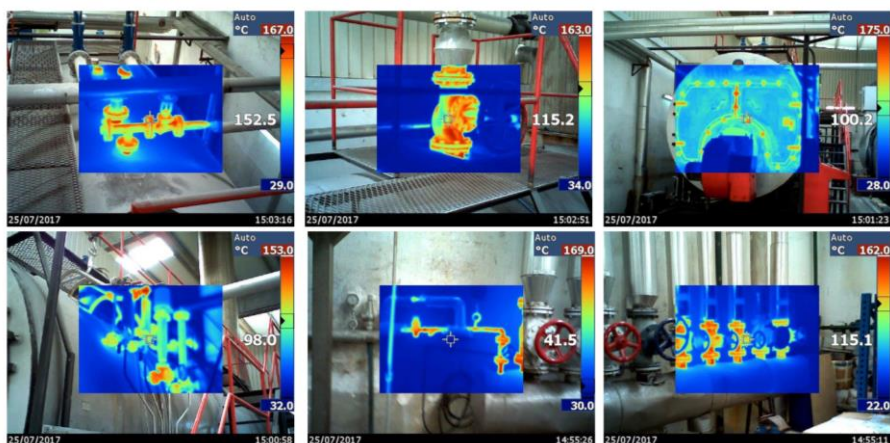


Figura 6.13 - Análise termográfica ao gerador de vapor e coletor de distribuição

Nesse sentido, a presente medida estuda a possibilidade de melhoramento do isolamento nestes pontos críticos com recurso a dispositivos próprios tal como demonstra a Figura 6.14.



Figura 6.14 - Exemplo de dispositivos de isolamento do sistema de distribuição de vapor

Para efeitos de avaliação, foram consideradas para intervenção 41 válvulas de globo e outras 21 superfícies flangeadas associadas a diversos sistemas e equipamentos.

Considerou-se para efeitos de cálculo:

- As perdas de calor que se verificam numa válvula não isolada são idênticas às que se verificam em 1 metro de tubagem, com o mesmo diâmetro, não isolada;
- As perdas de calor que se verificam numa flange não isolada são metade das que se verificam em 1 metro de tubagem, com o mesmo diâmetro, não isolada;
- A temperatura média ambiente (anual) de todos os espaços em análise é de 20 °C;
- O coeficiente de emissividade médio das superfícies em análise é de 0,9;
- Os fatores de geometria utilizados foram de 5,33 (vertical), 6,12 (horizontal) e 4,2 (cilindro).

Tabela 6.20 - Potência e energia térmica dissipada no total de superfícies consideradas

Número de Equipamentos	Temperatura média da superfície (°C)	Área equivalente (m2)	Potência térmica dissipada ⁽¹⁾ (W)	Horas / ano	Energia térmica dissipada (MWh/ano)
62	170	2,855	3649	6150	39,1

No Anexo X estão disponíveis os dados relacionados com a potência e energia térmica dissipada por superfície e os dados sobre as poupanças geradas com o isolamento de superfícies.

O cálculo da poupança baseou-se nos pressupostos de que a instalação do isolamento em causa permitirá diminuir em 95% as perdas térmicas, de acordo com os dados da Tabela 6.20.

Tabela 6.21 - Resultados estimados após implementação da medida

Número de equipamentos	Investimento total (€)	Custos e consumos evitados			Impactos no consumo ⁽¹⁾	
		(MWh/ano)	(tep/ano)	(€/ano)	% (GN)	% (tep)
62	6 445	218	19	4 796	1	0,5

(1) Face aos consumos de referência (2016)

6.3.12 Otimização do regime de funcionamento da torre de desodorização

A torre de desodorização está associada ao processo de tratamento de águas residuais, que consiste na aspersão de água ao longo de um enchimento cerâmico por onde atravessa o efluente gasoso resultante da aspiração de ar ambiente. Este equipamento apresenta uma capacidade de tratamento de projeto de 4 500 a 5000 m³/h, associando-se grande parte dos respetivos consumos de energia elétrica ao funcionamento do ventilador de ar de 45 kW de potência e da eletrobomba de água de 11 kW. Após as medições e verificação local (Anexo XI), evidencia-se que ambos os motores se encontram sobredimensionados face aos valores de projeto (15 kW para o ventilador e 5,5 kW para a bomba de água). Com base nesta informação, considera-se que existe um potencial de poupança de energia e otimização da eficácia do sistema com recurso à utilização de variadores eletrónicos de velocidade e da utilização de correias de maior rendimento (ventilador).

Considera-se, ainda, viável obter uma poupança de energia adicional estimada em cerca de 4% dos consumos do ventilador, associada à substituição das atuais 4 correias deste equipamento (lisas), por equipamentos de maior rendimento.

Com a conjugação das medidas, calcula-se ser possível operar o conjunto ventilador - bomba nas condições de projeto a uma potência absorvida próxima de 18 kW (cerca de metade daquela consumida atualmente pelo ventilador). No entanto, os reais impactos da medida só poderão ser aferidos através de medições no local, após implementação dos sistemas de regulação e do ajuste dos mesmos em função das maiores ou menores necessidades de aspiração de ar que possam vir a determinar-se experimentalmente / empiricamente.

Assim, estima-se que com a otimização deste sistema se possa atingir uma redução de 158 MWh/ano, que significam uma poupança de 16116 €/ano nos custos da instalação. Por fim, a redução de consumo de energia primária seria de aproximadamente 34 tep/ano, equivalente a uma redução de 0,9% no contexto geral da instalação.

Tabela 6.22 - Impactos estimados da implementação da medida de melhoria

Poupança (MWh/ano) ⁽¹⁾	Poupança (tep/ano)	Poupança (€/ano)	Redução no consumo de eletricidade (%) ⁽²⁾	Redução no consumo de energia primária (%) ⁽²⁾
158	33,9	16 116	1,9	0,9

(1) Eletricidade.

(2) Face aos consumos de referência (2016)

6.3.13 Otimização do sistema de secagem

O processo de secagem é realizado no final das linhas de produção e integrava, no ano de referência, para além da utilização de ar comprimido através de dispersores do tipo “bico de pato”, a utilização de 4 ventiladores com potências unitárias de 7,5 kW.

Na figura é possível identificar o período de funcionamento dos equipamentos em causa (próximo do indicado) e que o mesmo ocorre de forma ininterrupta, inclusive em longos períodos onde não ocorre qualquer passagem de lata. Com base na informação obtida, estima-se que o consumo anual de energia elétrica associado aos ventiladores se possa ter situado, em 2016, em valores próximos de 70 MWh.

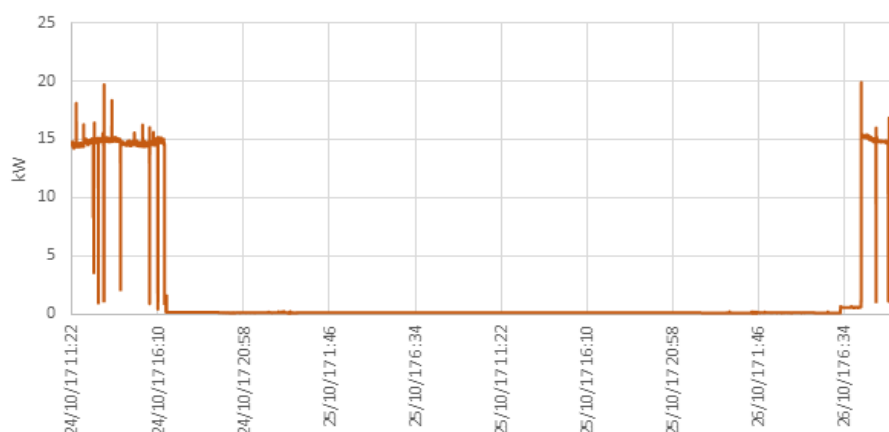


Figura 6.15 - Diagrama de carga de dois ventiladores de 7,5 kW no processo de secagem

Ao considerar a área de saída de ar em cada “bico de pato” (13 equipamentos) e unidades “Unijet” (17 equipamentos), a pressão do ar comprimido no ponto de entrega (6 bar) e o número médio de horas anuais de operação associadas a cada equipamento (2400 h), calcula-se o volume global anual de ar comprimido despendido no processo de secagem em valores próximos dos $2,6 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Tabela 6.23 - Registos de produção e consumo associados à secagem (2016)

Número total de latas produzidas	97 720 250
Número total de linhas com processo de secagem	15
Número de linhas com processo de secagem por ventiladores	4
Número de linhas com processo de secagem por dispersores	11
Número de latas tratadas nas linhas com ventilação	26 058 733
Número de latas tratadas nas linhas com dispersores	71 661 517
Consumo específico dos dispersores (Wh/lata)	3,27
Consumo específico dos ventiladores (Wh/lata)	2,69
Consumo associado aos ventiladores (MWh)	70,0
Consumo associado aos secadores (MWh)	234,4
Consumo global da secagem (MWh)	304,4

Assumido, para o consumo específico da produção de ar comprimido, um valor de $0,09 \text{ kWh/m}^3$, estima-se que os consumos de energia elétrica associados a este processo se situem numa ordem de grandeza próxima de 230 MWh (cerca de 30% dos consumos associados à produção de ar comprimido). Considerando que a quantidade de latas se distribui quantitativamente pelas linhas de secagem existentes, determinam-se os registos de produção e consumo associados ao processo de secagem de acordo com o exposto na Tabela 6.23.

Dado ter-se verificado, no local, o funcionamento contínuo dos sistemas, existe um potencial de poupança associado à automatização do momento de sopro, ocorrendo este apenas com a passagem concreta de uma lata, através da aplicação de sensores.

Assim, considerou-se uma redução em 55% no tempo de operação destes equipamentos (tempo de funcionamento com sensor de 0,7 segundos). Na Tabela 6.24 são apresentados os valores resultantes da aplicação desta medida.

Tabela 6.24 - Poupança estimada com a otimização do sistema de secagem

Poupança (MWh/ano)	Poupança (tep/ano)	Poupança (€/ano)	Redução no consumo de eletricidade (%) *	Redução no consumo de energia primária (%) *
130	27,9	13 260	1,6	0,8

* face aos consumos de referência (2016)

A otimização do sistema de secagem pode conduzir a poupanças na ordem dos 130 MWh/ano, 13260€/ano e uma redução no consumo de energia primária da instalação em 0,8%.

6.3.14 Substituição de dispositivos de iluminação

Após um levantamento no local dos equipamentos existentes na instalação, considerou-se a substituição destes de forma direta, não existindo uma alteração à instalação já existente. No Anexo XII estão disponíveis as tabelas com o número de equipamentos existentes por zona e os consumos antes e após medida. A substituição dos equipamentos existentes é feita com a implementação de tecnologia LED, garantindo que os níveis de iluminância não serão comprometidos.

Tabela 6.25 - Impactos da substituição da tecnologia de iluminação existente

Poupança (MWh/ano)	Poupança (tep/ano)	Poupança (€/ano)	Redução no consumo de eletricidade (%) *	Redução no consumo de energia primária (%) *
133	29	13 566	1,6	0,8

Após a implementação desta medida, são esperadas poupanças energéticas de aproximadamente 133 MWh/ano, um valor que considerando o custo médio do kWh do ano de referência (0,102 €/kWh) representa uma poupança de 13 566 €/ano.

6.3.15 Sistema fotovoltaico

Como medida adicional, uma vez que se encontra no PREN em execução da instalação, apesar de não representar uma redução dos consumos energéticos no sentido de melhorar o desempenho energético, foi considerada a instalação de um sistema fotovoltaico com base na proposta considerada no âmbito do relatório do SGCIE da instalação. Esta opção levará a uma poupança nos custos energéticos da instalação para além da sua contribuição num melhor desempenho da instalação no indicador Intensidade carbónica (tCO₂/tep) nas condições definidas em contexto do SGCIE².

Foi considerado o sistema fotovoltaico dimensionado no relatório correspondente [24], para que os dados resultantes da implementação deste sejam coincidentes, procurando responder de uma forma mais realista ao comportamento da instalação após a sua instalação.

O dimensionamento mencionado prevê a instalação dos painéis na cobertura das instalações, num total de 2 722, contabilizando uma potência instalada de 816,6 kW_p. A produção estimada do sistema, ao considerar os níveis médio de radiação do local bem como a orientação/inclinação dos painéis, foi de 1,2 GWh/ano. Com base nos perfis de consumo da instalação seriam consumidos cerca de 86% por parte da instalação (autoconsumo) e o restante vendido à rede.

A Tabela 6.26 resume os consumos e consequente poupança associada à implementação do sistema fotovoltaico, com custos evitados na ordem dos 114 000 €/ano e um impacto na redução de emissões de 490 tCO_{2e}, menos 8% das emissões verificadas no ano de referência (6051 tCO_{2e}).

Tabela 6.26 - Poupanças associadas à implementação de sistema fotovoltaico

		Consumos evitados					Custos evitados (€)
		MWh	tep	% (tep VE)	% (tep instalação)	tCO _{2e}	
Implementação de sistema fotovoltaico	EE	1043	112	6,2%	3,0%	490,21	114 036

² Consumos substituídos correspondem a uma diminuição equivalente de 50% nos consumos de energia primária.

6.3.16 Resumo das medidas de melhoria estudadas e os seus impactos

Na tabela seguinte resumem-se os potenciais impactos associados às medidas avaliadas nos pontos anteriores.

Tabela 6.27 - Resumo das medidas de melhoria e impactos correspondentes

Medida	Descrição	Vetor Energético	Poupança anual estimada					
			Consumos evitados					Custos ≈ (€/ano)
			MWh	tep	% (tep VE) ⁽¹⁾	% (tep instalação) ⁽²⁾	tCO2e	
1	Substituição do Gerador de Vapor	F / EE	1227	108	-	2,9%	1321	30 000
2	SMRCE do SPDF-2	EE	117	25	1,4%	0,7%	55	12 000
3	Aplicação de correias alto rendimento - SPDF-2	EE	36	8	0,4%	0,2%	17	3 500
4	Otimização do sistema de produção de frio da instalação	EE	594	128	7,1%	3,4%	280	60 500
5	Recuperação de condensados – tanques de descongelação	F / EE	294	27	-	0,7%	84	7 500
6	Identificação e correção de fugas de ar comprimido	EE	94	20	1,1%	0,5%	44	9 500
7	Substituição de equipamento de climatização (incubadora)	EE	86	19	1,0%	0,5%	40	9 000
8	Recuperação do calor residual dos compressores de ar	F	263	23	1,2%	0,6%	73	6 000
9	Regime de funcionamento das máquinas retráteis	EE	201	43	2,4%	1,2%	95	20 500
10	SMRCE (Instalação)	F / EE	789	96	-	2,6%	262	35 000
11	Isolamento de válvulas e flanges	F	218	19	1,0%	0,5%	61	5 000
12	Otimização da torre de desodorização	EE	158	34	1,9%	0,9%	74	16 000
13	Reformulação do sistema de secagem	EE	130	28	1,6%	0,8%	61	13 000
14	Substituição de dispositivos de iluminação	EE	133	29	1,6%	0,8%	63	13 500
15	Implementação de sistema fotovoltaico	EE	1 043	112	6,2%	3%	490	114 000
Total			5 383	718	-	19,4%	3 020	355 000

VE – Vetor energético; EE – Eletricidade; F – Fuelóleo; (1) diminuição percentual da energia primária esperada, associada ao vetor energético em causa; (2) diminuição percentual da energia primária esperada, associada ao global da instalação;

Como é possível verificar, o impacto de todas estas medidas representa uma poupança potencial de 5 383 MWh (718 tep) cerca de 19 % de energia primária da instalação. Em custos evitados, o valor estimado é de aproximadamente 355 000 €/ano.

6.4 Indicadores energéticos após implementação de medidas de melhoria

No sentido de analisar o comportamento energético da instalação, apresentam-se os resultados após a implementação das medidas estudadas na redução de consumos energéticos (MWh/ano), consumo de energia primária (tep/ano) e custos evitados (€/ano) (Tabela 6.28).

Tabela 6.28 - Dados consumos após implementação de medidas de melhoria

Ano	Consumos de Energia Elétrica			Consumos de Gás Propano				Consumos de Fuelóleo/Gás Natural				Total		
	MWh	tep	tCO _{2e}	t	MWh	tep	tCO _{2e}	t	MWh	tep	tCO _{2e}	MWh	tep	tCO _{2e}
2016	8348	1795	3923	42	537	46	122	1958	21754	1870	6051	30639	3711	10097
Após BAT	5495	1294	2582	42	537	46	122	1639	20533	1653	4372	26565	2993	7076

Pode verificar-se a redução de consumos de energia elétrica em 34%, no caso da energia térmica, tendo como fonte o gás natural, uma redução de 5%. No geral da instalação, a redução de consumo de energia primária seria de 19% e de 13% na energia final.

No que se refere aos indicadores energéticos, a Tabela 6.29 resume o comportamento da instalação.

Tabela 6.29 - Evolução de indicadores energéticos após implementação de medidas de melhoria

Designação	Unidade	Valor ano de referência	Valor após implementação de medidas	Variação %
Intensidade energética	kgep/€	0,245	0,205	-16%
Consumo específico de energia	kgep/t ^[1]	213,6	178,7	-16%
Intensidade Carbónica	tCO _{2e} /tep	2,72	2,36	-13%
Percentagem de fonte de energia	%	EE – 27%	EE - 21%	-6%
		F – 71 %	GN - 77%	n.a.
Percentagem de energia fornecida internamente	%	0%	6%	n.a.
Consumo específico por produto final	Wh/lata ^[2]	313	271	-13%
Intensidade carbónica por produto final	kgCO _{2e} /lata	0,103	0,072	-30%
Intensidade carbónica	tCO _{2e} /t ^[1]	0,58	0,41	-30%
[1] Toneladas de matéria prima no início do processo				
[2] Considerada uma lata com um peso total de 157g				

A intensidade energética e o consumo específico de energia apresentam um potencial de redução em 16%. A intensidade carbónica, apresenta um potencial de redução de 13%.

No que diz respeito à divisão percentual do peso de cada uma das fontes de energia, a instalação aumentou o peso da energia térmica, agora com recurso ao gás natural no lugar do fuelóleo. Este aumento pode ser explicado pelo maior impacto das medidas no vetor de energia elétrica, que como referido anteriormente, apresentou uma redução de 34% do consumo em relação ao ano de referência.

A introdução de sistemas de recuperação de calor, condensados e a instalação do sistema fotovoltaico, resultaram na existência de uma percentagem de energia fornecida internamente (6%). Este indicador dá a perceção da energia que a instalação não necessita de introduzir a partir da rede dada a sua capacidade de reutilização da mesma, sendo que um aumento deste parâmetro indica também uma maior independência energética do sistema.

No que diz respeito ao consumo específico por cada unidade de produto final (latas de conserva), verificam-se melhorias substanciais no consumo específico de energia por lata, com uma redução de 13%.

No sentido de procurar obter um melhor indicador relativamente à razão de energia consumida por unidade produzida foi calculada uma equação da reta. Foram consideradas as reduções em tep nos sistemas que dizem respeito a consumos independentes da instalação (Iluminação) e reduções relativas aos sistemas dependentes da produção.

A equação da reta do ano de referência, definida no capítulo 5.4, identificou como consumos dependentes 0,153 tep/t e consumos independentes mensais de 87,8 tep.

$$y = 0,153x + 87.82 \quad (6.3)$$

A Tabela 6.30 resume os resultados, após a implementação das 15 medidas, na redução de consumos independentes da instalação e consumos associados a cada unidade de produção.

Tabela 6.30 - Redução no consumo por variáveis dependentes e independentes da produção

Medidas	Variável	Poupança (tep/ano)	Produção (t) (ano referência)	Consumo em tep (ano de referência)	Redução consumos independentes (%)	Redução relativa ao consumo no ano de referência (%)	Poupança por tonelada (tep)	Redução no consumo marginal de energia (%)
a	Independente	29	17371	3711	2,75	0,8	0,00	0,0
b	Dependente	689	17371	3711	0	18,6	0,04	26%

Através dos valores de poupança associados a cada variável, foi possível definir a nova equação que relaciona o consumo espectável após a implementação das medidas. A nova equação apresentou para os consumos dependentes um valor de 0,113 tep/t, com a subtração da poupança por tonelada (tep) ao valor de consumos dependentes na equação inicial. A poupança estimada para os consumos independentes (29 tep/ano) foi dividida por doze meses para em seguida ser subtraído ao valor dos consumos independentes, resultando em 85,4 tep.

$$y = 0,113x + 85,4 \quad (6.3)$$

É possível verificar que, a adoção das medidas estudadas representa uma redução nos consumos independentes de 0,8 %, resultado da medida de substituição de iluminação. As restantes medidas estão sempre associadas ao sistema de produção, sendo dependentes deste. Essas medidas representam uma redução do consumo de energia final em relação ao ano de referência de 18,6%. Verificou-se uma possível poupança por tonelada produzida de 0,04 tep, ou seja, uma redução no consumo marginal de energia em 26%.

No anexo XIII encontra-se a tabela completa com os dados para cada uma das medidas.

Relativamente à intensidade carbónica, verificou-se uma possível redução de 30% das emissões associadas à produção de cada lata. Estes 30% também se verificaram no caso da intensidade carbónica que relaciona as emissões com o produto no início do processo.

Esta redução na emissão de gases com efeito de estufa possibilita à instalação o alcance da meta estabelecida pelo grupo empresarial, como referido no ponto 5.1, em reduzir as emissões em 30% até 2020 comparativamente ao ano de 2016 (ano de referência). Ainda no que diz respeito à situação da instalação no contexto geral do grupo, verifica-se que em 2016 a intensidade energética (GJ/tPF) no grupo era de 6,92 [26], sendo que na instalação esse mesmo valor se situava em 7,2. Após a implementação das medidas esse valor reduziria para 6,2 GJ/tPF³, o que significa uma melhoria do desempenho energético em relação ao restante contexto do grupo. Com referência ao relatório de sustentabilidade do grupo [26], foi possível fazer a análise anterior (Tabela 6.31).

³ Produto final (toneladas no fim do processo)

Tabela 6.31 - Comparação da instalação com o restante grupo empresarial

	2016
	Intensidade energética (GJ/tpF)
Instalação sem medidas	7,17
Instalação após medidas	6,21
Dados Grupo Empresarial	6,92

A instalação encontrava-se em níveis superiores de intensidade energética em comparação com as restantes, ou seja, uma menor eficiência no consumo de energia. Após a implementação das medidas de melhoria, a instalação passou a apresentar um valor de intensidade energética de 6,21, inferior ao contabilizado para o conjunto de fábricas do grupo.

6.5 Análise aos indicadores energéticos

Apesar da sua utilidade, os indicadores energéticos devem ser acompanhados de uma leitura crítica dos dados uma vez que podem conduzir a conclusões erradas. Assim, é feita em seguida uma análise ao seu comportamento. Em primeiro lugar uma avaliação do comportamento da intensidade carbónica, com a demonstração da sua dependência em relação ao mix energético da instalação, neste caso dos combustíveis utilizados, tais como o fuelóleo (situação inicial).

Os resultados apresentados na Figura 6.16 ($R^2 = 0,99$) permitem verificar a relação entre o peso no mix energético do fuelóleo e a intensidade carbónica. Deste modo, este indicador pode não indiciar o verdadeiro desempenho da instalação. Como exemplo, se existir uma maior incidência das medidas de melhoria no vetor de energia elétrica, a percentagem da fonte fóssil no mix energético vai aumentar, assim, apesar da melhoria do desempenho energético com o aumento de eficiência no uso de energia elétrica, esta não se replica neste indicador.

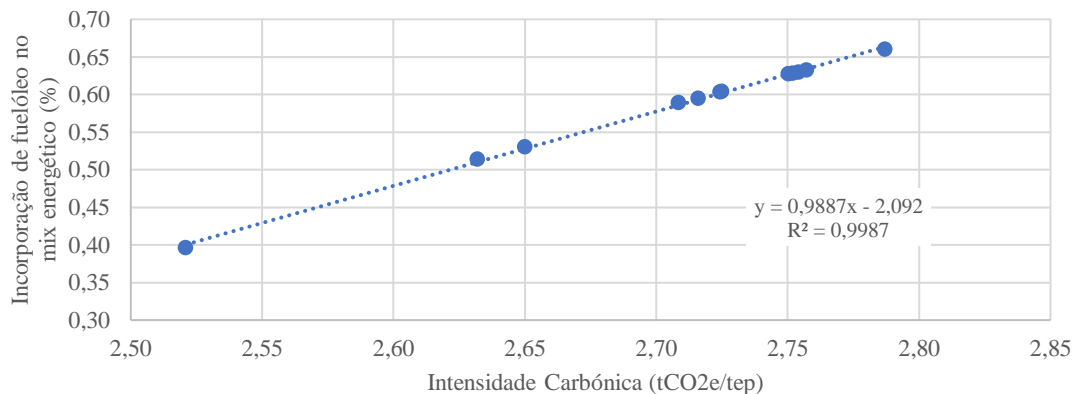


Figura 6.16 - Relação entre os valores mensais de intensidade carbónica e o mix energético da instalação

Assim, este indicador leva à exigência de que o potencial de poupança associado à energia elétrica tenha de igualar o potencial relativo à utilização de fuelóleo. Neste caso de estudo verificou-se uma melhoria neste parâmetro, justificado pela alteração do combustível e consequente alteração de uma taxa de conversão de 3,236 tCO₂/tep do fuelóleo para 2,683 tCO₂/tep para o gás natural, bem como as restantes medidas de melhoria associadas à utilização deste combustível.

No que se refere à utilização do indicador do consumo específico de energia, importa referir este se encontra diretamente dependente dos níveis de produção. Desta forma, são necessários ajustes para evitar interpretações menos corretas, como evidenciado na Figura 6.17, onde se pode perceber a relação entre o aumento de produção e o indicador de consumo específico de energia, que poderá melhorar apenas por uma aumento de produção e não por uma verdadeira melhoria de desempenho energético.

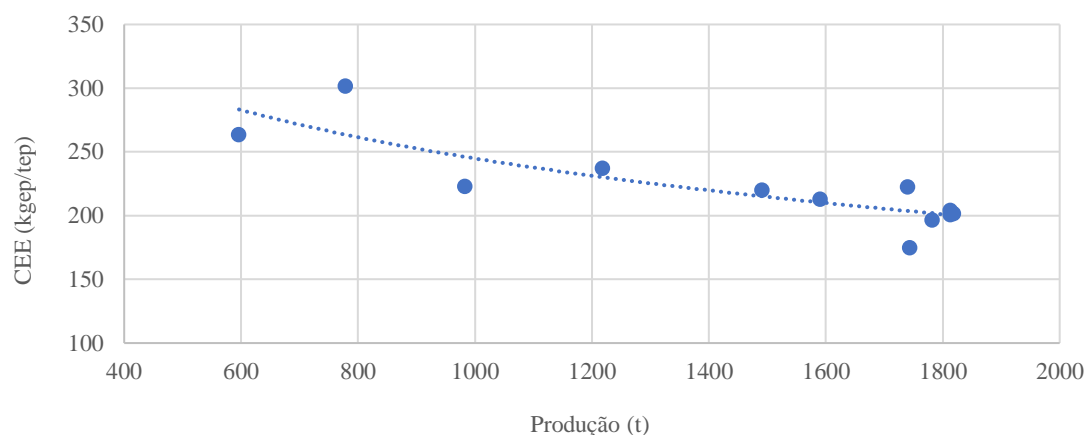


Figura 6.17 - Relação entre CEE e produção – valores mensais de 2016

6.6 Análise Financeira

No contexto da aplicação das medidas mencionadas anteriormente foi efetuada uma análise financeira relativamente à sua implementação, com base nos dados apresentados na Tabela 6.33, tais como investimento e manutenção anual [24].

Na Tabela 6.32 estão representados valores aproximados das poupanças e investimento inicial e o respetivo período de retorno de investimento (PRI). O investimento inicial considerou diferentes propostas pedidas no decorrer do estudo a entidades que comercializam estes serviços ou produtos.

Tabela 6.32 - Período de retorno simples das medidas estudadas

Medida	Descrição	Custos evitados (€)	Investimento Inicial	PRI (simples)
1	Substituição do Gerador de Vapor	30 000	250 000	8,3
2	SMRCE do SPDF-2	12 000	15 000	1,3
3	Aplicação de correias alto rendimento - SPDF-2	3 500	1 000	0,3
4	Otimização do sistema de produção de frio da instalação	60 500	110 000	1,8
5	Recuperação de condensados – tanques de descongelamento	7 500	25 000	3,3
6	Identificação e correção de fugas de ar comprimido	9 500	2 500	0,3
7	Substituição de equipamento de climatização (incubadora)	8 800	10 000	1,1
8	Recuperação do calor residual dos compressores de ar	6 000	20 000	3,3
9	Regime de funcionamento das máquinas retráteis	20 500	80 000	3,9
10	SMRCE (Instalação)	35 000	7 000	0,2
11	Isolamento de válvulas e flanges	5 000	6 500	1,3
12	Otimização da torre de desodorização	16 000	8 000	0,5
13	Reformulação do sistema de secagem	13 000	20 000	1,5
14	Substituição de dispositivos de iluminação	13 500	105 000	7,8
15	Implementação de sistema fotovoltaico	114 000	890 000	7,8
Total		355 000	1 550 000	

No sentido de simplificar e ao considerar como objeto final a aplicação de todas as medidas, foi efetuada a avaliação sobre o impacto total das medidas, investimento global, manutenção, entre outros parâmetros. Para tal, considerou-se uma taxa de atualização ou custo de capital de 2,5%, um custo de energia elétrica igual ao verificado para a energia ativa no ano de referência (0,102 €/kWh) e um horizonte de projeto de 6 anos ao considerar que nenhum dos equipamentos necessitará de substituição nesse período.

Tabela 6.33 - Dados para análise financeira das medidas de melhoria

Investimento inicial	Consumos evitados (MWh)	Manutenção anual	Custos evitados
1 550 000 €	5380	12 500 €	355 mil €

Relativamente ao investimento total na aplicação das 15 medidas, com a inclusão do sistema de produção fotovoltaico, estima-se um valor próximo de 1 550 000 €. Na Figura 6.18 estão representados os dados da análise financeira e o comportamento do *cash-flow*. É possível verificar que, no geral, a implementação das medidas de melhoria podem representar um Valor Acrescentado Líquido (VAL) de 336 533 € no horizonte definido de seis anos.

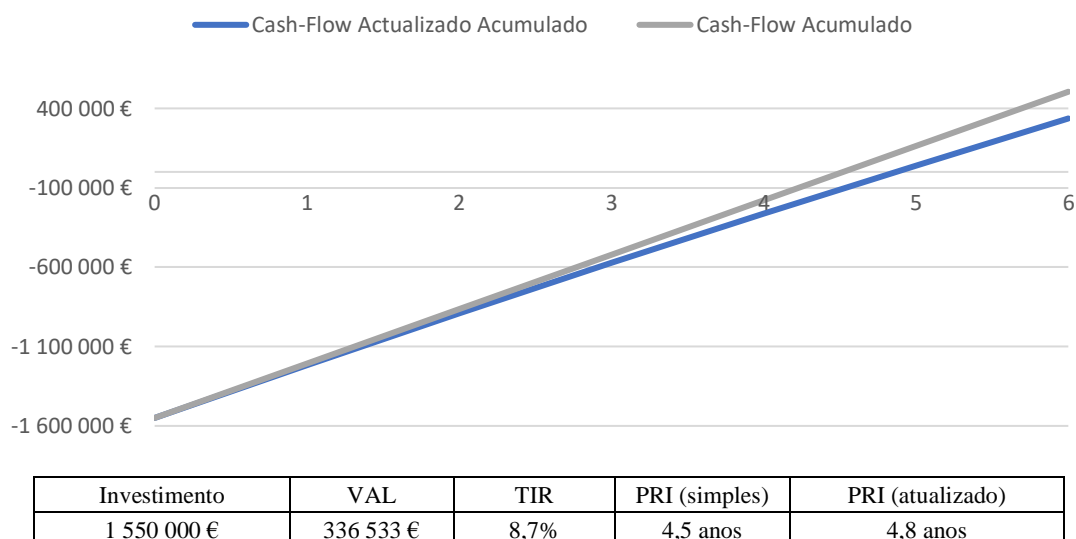


Figura 6.18 - Curva de cash-flow acumulado e atualizado; indicadores financeiros

É possível verificar que, para além da melhoria do desempenho energético e ambiental da instalação, existe uma mais-valia financeira na implementação destas medidas de melhoria, com um retorno do investimento a surgir antes dos 5 anos e com potencial de poupança futura, o que pode constituir um incentivo extra na implementação das medidas estudadas.

7. Conclusões

No atual contexto do uso responsável de energia, das metas estabelecidas pela União Europeia e estados membros na redução de emissões de gases com efeito estufa e melhoria no desempenho energético, existe a necessidade de se adotarem métodos mais eficientes no consumo de energia nas atividades humanas. Assim, ao considerar o caso particular de uma instalação da indústria de conservas, uma vez que se trata de um setor com representatividade em Portugal, efetuou-se uma caracterização dos processos produtivos existentes e sistemas auxiliares no que diz respeito ao consumo de energia.

Foi possível verificar que, os principais consumidores de energia neste tipo de instalação são os processos associados ao consumo de vapor, com um peso de 71% da energia final da instalação (21,7 MWh de 30,6 MWh), equivalente a 1 870 tep. Na análise particular a este vetor energético, os maiores consumidores são os cozedores, com 38%, seguidos da esterilização, com 16% da energia final.

Em relação ao vetor energia elétrica, o maior consumidor nesta instalação diz respeito aos processos de congelação e refrigeração, com 27% do total consumido, seguido do tratamento das águas residuais (ETARI), com 11%, e ainda a produção de ar comprimido, com 9%. Através da desagregação de consumos efetuada na instalação foi possível estabelecer as prioridades de atuação na otimização da instalação em causa.

Em virtude da informação exposta, foram avaliados as BAT e os BREFs, com especial foco nos dedicados à eficiência energética na indústria alimentar. Dessa avaliação, foi possível verificar a existência de pelo menos 77 medidas aplicáveis no contexto da indústria conserveira, das quais, 52 dizem respeito apenas a melhoria da eficiência energética. Após a análise e caracterização da instalação, e tendo como referência o ano de 2016, verificou-se que, destas 52 BAT, 15 já se encontravam implementadas na instalação, um comportamento dentro do verificado em instalações do mesmo tipo. No sentido de melhorar o desempenho energético da instalação, foi analisado, no presente estudo, a implementação de mais 15 medidas. Assim, foram estabelecidos indicadores energéticos para o ano de referência, dos quais se destacam a intensidade energética (0,245 kgep/€), consumo específico de energia (213,6 kgep/t) e ainda a intensidade carbónica (2,72 tCO₂/tep).

Como resultado da análise anterior, e face aos níveis de produção (funcionamento da instalação) de referência (2016), com a implementação dessas 15 medidas adicionais foi possível estimar uma redução próxima dos 5,4 GWh no consumo de energia final, 2,8 GWh em energia elétrica e 2,530 GWh em energia térmica, reduzindo o consumo global da instalação em 19%. Estimou-se uma melhoria do consumo energético por unidade de produção em 26% (redução de 0,04 tep/t), ao passar de 0,153 tep/t para um valor de 0,113 tep/t. Em relação aos consumos independentes da produção a redução foi de 0,8%. Verificou-se também que, no contexto do grupo empresarial onde se insere a instalação avaliada, o objetivo de redução em 30% das emissões de gases com efeito de estufa até 2020 poderia ser alcançado por esta instalação. A possível melhoraria do seu desempenho seria passar de um valor de 7,17 GJ/tPF (acima da média do grupo que era de 6,92 no ano de 2016) para um de 6,21 GJ/tPF.

A análise financeira ao cenário de implementação das 15 medidas permitiu verificar que se trata de um investimento com retorno rápido, em cerca de 4,8 anos, com uma taxa interna de rentabilidade acima de 8%.

Em suma, tornam-se claras as vantagens na implementação de medidas que visem a melhoria do desempenho energético no caso particular desta instalação, onde para além do desempenho ambiental se podem contabilizar ganhos financeiros significativos.

Contudo, a metodologia utilizada pode ser um pouco morosa, principalmente se considerarmos o tempo de recolha de dados e caracterização das instalações. Para além disso, alguns dados utilizados baseiam-se em informações de colaboradores da instalação, sendo estas sensíveis a erros. No entanto, após esta caracterização intensiva em relação ao caso de estudo torna mais fácil a sua comparação com outras instalações do mesmo género, facilitando a adoção das medidas estudadas por parte da restante indústria de conservas.

Assim, o presente documento pode ser utilizado como orientador para que seja alcançado o objetivo da eficiência energética numa indústria conserveira. O aparecimento de novos métodos e técnicas, a tecnologia e a ciência em desenvolvimento constante e ainda processos emergentes estão a ser introduzidos com êxito na indústria, tornando as BAT um instrumento dinâmico revisão dos documentos de referência deve ser um processo contínuo. O aumento da eficiência energética na indústria exige uma atitude pró-ativa por parte dos seus responsáveis no sentido de se verificar uma melhoria efetiva dos seus equipamentos e processos com a utilização de novas tecnologias e estratégias disponíveis atualmente.

8. Sugestões para trabalho futuro

No atual cenário de emergência de sustentabilidade ambiental, considerar uma instalação de um grupo ou mesmo o grupo empresarial isoladamente é redutor num contexto global. Uma vez que o maior peso ambiental na produção de conservas está na utilização de latas de alumínio, seguida da produção de azeite [30], seria interessante verificar, no contexto do ciclo de vida inerente ao produto final da indústria conserveira, o impacto da ação de eficiência energética e ambiental ao considerar todos os processos a montante e a jusante, como o transporte ou a embalagem utilizada.

9. Referências

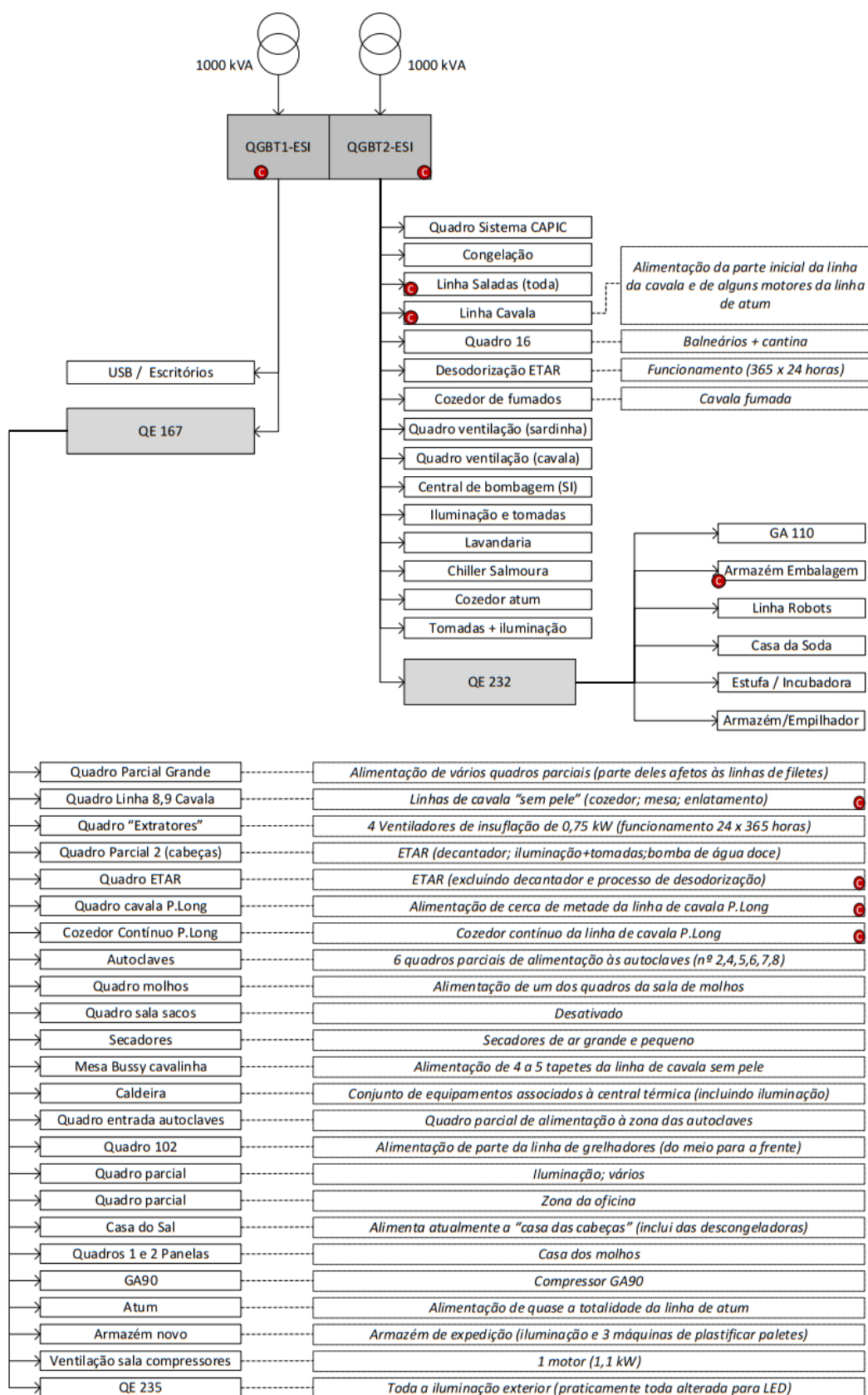
- [1] ADENE, “Energia,” [Online]. Available: <https://www.adene.pt/energia/>. [Acedido em 07 02 2018].
- [2] N. Martin, E. Worrell, L. Schipper e K. Blok, “International comparisons of energy efficiency, workshop proc,” Utrecht University, CA, 1994.
- [3] Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética, PNAEE, “Enquadramento,” 2018. [Online]. Available: <http://www.pnaee.pt/pnaee>.
- [4] PRESIDÊNCIA DO CONSELHO DE MINISTROS, “Resolução do Conselho de Ministros n.º 20/2013, Diário da República, 1.ª série — N.º 70 — 10 de abril de 2013,” [Online]. Available: <https://dre.pt/application/file/260476>.
- [5] I. N. d. Estatística, “Estatísticas da Pesca 2016,” Instituto Nacional de Estatística, I. P., Lisboa, 2017.
- [6] P. e. C. Europeu, “DIRECTIVA 2006/32/CE DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO,” vol. 114, p. 67, 2006.
- [7] ADENE, “Política Energética,” [Online]. Available: <http://www.adene.pt/politica-energetica>. [Acedido em 06 02 2018].
- [8] SGCIE, “SGCIE - Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia,” [Online]. Available: <http://sgcie.publico.adene.pt/SGCIE/Paginas/Enquadramento.aspx>. [Acedido em 06 02 2018].
- [9] Eurostat, “Energy Trends,” 2017. [Online]. Available: http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Energy_trends. [Acedido em 07 02 2018].
- [10] I. E. Agency, “Energy Policies of IEA Countries: Portugal 2016 Review,” International Energy Agency, Paris, 2016.
- [11] ADENE, “Eficiência Energética na Indústria,” [Online]. Available: <https://www.adene.pt/industria/>. [Acedido em 07 02 2018].

- [12] E. Comission, "Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency," EUROPEAN COMMISSION, February 2009.
- [13] J. F. Muir, "FUEL AND ENERGY USE IN THE FISHERIES SECTOR - Approaches, inventories and strategic implications," FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, Rome, 2015.
- [14] UNEP/Danish Environmental Protection Agency, "Cleaner Production Assessment in Fish Processing,," COWI Consulting Engineers and Planners AS, Denmark, 1999.
- [15] M. Barros^a, A. Magán, S. Valiño, P. Bello, J. Casares e J. Blanco, "Identification of best available techniques in the seafood industry: a case study," *Journal of Cleaner Production*, vol. 17, pp. 391-399, 2009.
- [16] E. Commission, "Integrated Pollution Prevention and Control, Reference Document on Best Available Techniques in the Food, Drink and Milk Industries," European Commission, 2006.
- [17] P. Bello Bugallo, L. Cristóbal Andrade, A. Magán Iglesias e R. Torres López, "Integrated environmental permit through Best Available Techniques: evaluation of the fish and seafood canning industry," *Journal of Cleaner Production*, vol. 47, pp. 253-264, 2013.
- [18] P. e. C. Europeu, "DIRECTIVA 2010/75/UE," vol. 334, pp. 17-91, 2010.
- [19] M. Taboada Gómez, A. Magán Iglesias, R. Torres López e P. Bello Bugallo, "Towards sustainable systems configurations: application to an existing fish and seafood canning industry," *Journal of Cleaner Production*, vol. 129, pp. 374-383, 2016.
- [20] W. Kahlenborn, S. Kabisch, J. Klein, I. Richter e S. Schurmann, Energy Management Systems in Practice, ISO 50001: A Guide for Companies and Organisations, Berlin: Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU), 2012.
- [21] Thai Union Group Public Company Limited, "Annual Report 2016," 2016.
- [22] F. d. A. Fernandes, "ESIP. Tradição conserveira está viva e recomenda-se," 17 12 2017. [Online]. Available: <https://www.dinheirovivo.pt/starcompany/europeanseafoodinvestments-tradicao-conserveira-esta-viva-e-recomenda-se/>. [Acedido em 09 02 2018].
- [23] G. Thai Union, "Sustainability Report 2017 - Changing Seafood for Good," Thai Union, 2017.
- [24] D. Salema, D. Prata, S. Camelo e P. Azevedo, "Auditoria Energética: European Seafood Investments Portugal, SA,," LNEG, Lisboa, 2017.
- [25] A. Pradella, S. Gouvêa da Costa, E. Pinheiro de Lima e W. Vieira da Silva, "ENERGY EFFICIENCY INDICATORS IN THE FOOD INDUSTRY: A SYSTEMATIC REVIEW," 24th International Conference on Production Research, Paraná, Brazil, 2017.

- [26] G. Thai Union, “ 2018 Sustainability Report - Changing Seafood for Good,” Thai Union, 2018.
- [27] V. Maqueijo, M. C. Fernandes, H. A. Matos, C. P. N. Nunes, J. P. Calau, J. Carneiro e F. Oliveira, Medidas de eficiência energética aplicáveis à indústria Portuguesa: Um enquadramento tecnológico sucinto, Lisboa: ADENE, 2010.
- [28] D. T. Reindl e T. B. Jekel, “Ashrae Journal,” *Using Variable Speed Drives for Evaporative Condensers*, August 2005.
- [29] A. F. R. d. Sá, GUIA DE APLICAÇÕES DE GESTÃO DE ENERGIA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, Lisboa: Publindústria, 2010.
- [30] C. Almeida, S. Vaz e F. Ziegler, “Environmental Life Cycle Assessment of a Canned Sardine Product from Portugal,” *Journal of Industrial Ecology*, pp. 607 -617, 2015.
- [31] E. I. Bureau, “Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Food, Drink and Milk Industries,” European Union, 2017.
- [32] D. Salema e D. Prata, “Relatório final de execução e progresso do acordo de racionalização dos consumos de energia (2011-2016),” LNEG, Lisboa, 2017.
- [33] D. Decreto-Lei n.º 71/2008, “Estabelece o sistema de gestão do consumo de energia por empresas e instalações consumidoras intensivas e revoga os Decretos-Leis n.os 58/82, de 26 de Novembro, e 428/83, de 9 de Dezembro,” 15 04 2008. [Online]. Available: <https://dre.pt/application/file/a/249641>.
- [34] E. I. Bureau, “Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Food, Drink and Milk Industries,” European Union, 2006.
- [35] I. N. d. Estatística, “Estatísticas da Pesca 2014,” Instituto Nacional de Estatística, I. P., Lisboa, 2015.

Anexos

Anexo I



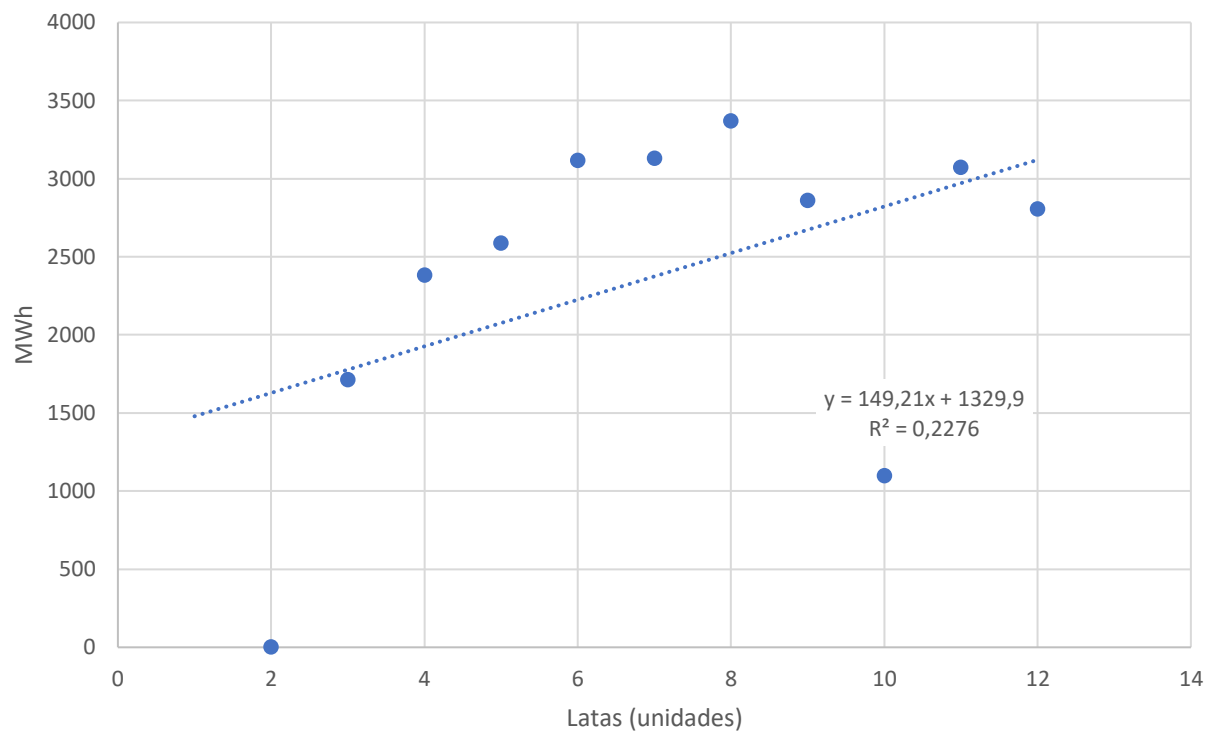
Anexo II

Ano	HSV	HV	HP	HC	Total	ER-FV	ER-CFV
	(MWh)				(MWh)	(MVArh)	
Consumos globais de energia elétrica - PT 1							
2016	1 079	1 327	914	3 492	6 812	0,0	28
Consumos globais de energia elétrica - PT 2							
2016	271	428	127	709	1 535	3,2	10
Consumos globais de energia elétrica - Instalação							
2016	1 350	1 755	1 041	4 201	8 348	3,3	38

Anexo III

CONSUMO DE ENERGIA ELÉCTRICA										
Mês	HSV (kWh)	HV (kWh)	HP (kWh)	HC (kWh)	Total (kWh)	ER-FV* (kVArh)			Potência Contratada (kW)	Potência tomada em horas de ponta (kW)
jan/16	65 918	86 899	83 127	208 488	444 432	295	148	0	1 299	792
fev/16	78 658	92 525	102 861	258 808	532 852	28	0	0	1 299	894
mar/16	80 300	102 339	98 560	249 490	530 689	14	0	0	1 299	1 037
abr/16	100 720	126 656	69 523	351 496	648 395	0	0	0	1 327	1 104
mai/16	106 586	127 418	68 360	356 785	659 149	47	0	0	1 341	1 085
jun/16	101 557	131 307	63 119	335 224	631 207	1 255	0	0	1 352	1 052
jul/16	108 410	118 681	73 054	376 954	677 099	2 574	84	0	1 386	1 107
ago/16	63 203	82 796	37 454	201 645	385 098	472	167	8	1 386	567
set/16	98 400	124 054	65 238	335 242	622 934	10 574	4 313	0	1 386	1 036
out/16	97 751	111 497	66 198	326 193	601 639	2 494	0	0	1 386	1 051
nov/16	94 985	112 534	99 752	272 202	579 473	3 068	1 760	230	1 386	988
dez/16	82 410	110 311	86 827	219 728	499 276	530	0	0	1 386	914

Anexo IV



Relação entre MWh e latas produzidas

Intensidade Energética (2015 e 2016)

Ano	VAB (€)	Consumo de energia (tep)			Intensidade Energética (kgep/€)		
		Elétrica	Térmica	Global	Elétrica	Térmica	Global
2015	13.422.554	1.669	1.713	3.382	0,124	0,128	0,252
2016	15.125.153	1.795	1.916	3.711	0,119	0,127	0,245

Intensidade carbónica (2015 e 2016)

Ano	Eletricidade (tCO _{2e})	Fuelóleo (tCO _{2e})	Propano (tCO _{2e})	Total (tCO _{2e})	Total (tep)	I.C. (tCO _{2e} /tep)	Produção (t)	Emissões (tCO _{2e} /t)	Fuelóleo (%)
2015	3.648	5.394	122	9.164	3.382	2,710	15.108	0,607	58,9
2016	3.923	6.051	122	10.097	3.711	2,721	17.371	0,581	59,9

Consumo específico de energia (2015 e 2016)

Ano	Consumo de energia primária (tep)				Produção global (t)	Consumo específico de energia (kgep/t)		
	Eletricidade	Fuelóleo	Propano	Total		Eletricidade	Fuelóleo	Global
2015	1.669	1.667	46	3.382	15.108	110,47	110,32	225,5
2016	1.795	1.870	46	3.711	17.371	103,32	107,64	213,6

Estimativa da desagregação global de consumos de energia elétrica (2016)

Equipamento / sistema	MWh	tep	%
Outros consumos e Erro de Fecho	1811	389	21,7
Congelação 2	1186	255	14,2
Congelação 1	1066	229	12,8
ETARI	913	196	10,9
Produção de ar comprimido	740	159	8,9
Armazém de Embalagem	582	125	7
Iluminação	362	78	4,3
Sistemas de renovação de ar (naves fabris)	320	69	3,8
Produção de vapor	265	57	3,2
Esterilização	188	40	2,3
Lavagem	182	39	2,2
Tanques de descongelação	150	32	1,8
Cantina e Balneários	144	31	1,7
Incubadora	133	29	1,6
Outros consumos quantificados	305	66	3,7
TOTAL	8348	1795	100

Estimativa da desagregação de consumos de fuelóleo no ano de referência

Parâmetro	t⁽¹⁾	MWh	tep	%
Total de fuelóleo consumido pela instalação	1.958	21.754	1.870	100,0
Energia do combustível (incluindo calor sensível)	-	21.862	-	92,5
Calor sensível do ar de combustão	-	284	-	1,2
Energia da água à entrada	-	1.477	-	6,3
Perdas pelos gases de combustão (gerador de vapor)	172	2.087	164	8,8
Perdas pelas paredes (gerador de vapor)	10	123	10	0,5
Perdas através das purgas de fundo	3	30	2	0,1
Energia do vapor produzido	1.774	21.565	1.694	90,6
Compensação de perdas no depósito	1,2	13	1,1	0,1
Pré-aquecimento do fuelóleo (depósito e queimador)	2,3	25	2,2	0,1
Descongelação (cavala e sardinha)	182,8	2.013	174,6	9,3
Descongelação (Bamix)	4,1	45	3,9	0,2
Cozedor de Cavala sem pele	165,1	1.818	157,6	8,4
Cozedor de Cavala com pele	111,6	1.229	106,6	5,7
Cozedor de sardinha Hermasa	107,4	1.183	102,6	5,5
Cozedor de sardinha Mercal	290,4	3.199	277,3	14,8
Cozedor de Filetes de sardinha	279,3	3.077	266,7	14,3
Cozedor de Atum Galicia	11,7	128	11,1	0,6
Cozedor de Atum FMC	81,8	901	78,1	4,2
Produção de molhos	5,9	65	5,6	0,3
Cravação	0,0		0,0	0,0
Lavagem	8,2	90	7,8	0,4
Esterilização	349,5	3.850	333,8	17,9
Energia dos condensados recuperados	53,4	588	51,0	2,7
Energia dos condensados não recuperados	33,1	365	31,6	1,7
Válvulas, flanges e tubagens não isoladas	79,2	872	75,6	4,0
Erro de fecho e outros consumos não contabilizados	191,0	2.104	182,4	9,8

Anexo VII

Processos		nº	Técnicas a considerar na determinação das BAT	Principais aspetos ambientais	Aplicada	Referência BREF
Medidas Gerais	Gestão de recursos	1	Sistema de monitorização	Consumo de energia e água		
		2	Metodologia para prevenir e reduzir o consumo de água e energia	Consumo de matéria-prima e energia		Bref 2006 - FDM capítulo 4.1.6 página 227
		3	Manter um inventário exato dos <i>inputs e outputs</i> de todos os estágios do processo			Bref 2006 - FDM capítulo 4.1.6.2.2 página 234
		4	Dimensionar/selecionar equipamento para minimizar o consumo e nível de emissões			Bref 2006 - FDM capítulo 4.1.3 página 218
	Gestão de atividades	5	Desligar os equipamentos aquando da sua não necessidade	Consumo energético		Bref 2006 - FDM capítulo 4.2.13.6 página 312
		6	Minimizar a carga dos motores			Bref 2006 - FDM capítulo 4.2.13.7 página 312
		7	Uso de variadores de velocidade para reduzir a carga de ventiladores e bombas			Bref 2006 - FDM capítulo 4.2.13.10 página 313
		8	Aplicar isolamento no sistema térmico			Bref 2006 - FDM capítulo 4.2.13.3 página 310

Sumário de medidas existentes nos documentos de referência Brefs [16]

Processos		nº	Técnicas a considerar na determinação das BAT	Principais aspetos ambientais	Aplicada	Referência BREF
Operações preliminares	Receção	9	Sistema de vácuo para resíduos	Consumo de água		Bref 2006 - FDM capítulo 4.1.7.4 página 246
		10	Tratamento dos resíduos gerados na receção	Emissões para a água	x	
	Armazenamento	11	Circuito fechado para a água de descongelação	Consumo água/energia	x	Bref 2006 - FDM capítulo 4.2.1 página 272
		12	Refrigeração dos condensadores			
		13	Automatização da produção e distribuição de frio	Consumo de energia		
	Descongelação	14	Descongelação com água quente	Consumo de água	x	Bref 2006 - FDM capítulo 4.2.2 página 272
		15	Corte de abastecimento durante descongelação		x	
		16	Reutilização de mistura água/gelo		x	
		17	Descongelação a -4°C	Consumo de energia	x	
	Descabeçamento, corte e esviceramento	18	Limpeza a seco dos transportadores	Consumo de água		Bref 2006 - FDM capítulo 4.3.1 página 324
		19	Remoção a seco e transporte das entranhas em rampas inclinadas		x	
		20	Limpeza a seco na fase de filetagem			
		21	Remoção e transporte de gorduras e entranhas por vácuo			
		22	Uso de água residual filtrada para enxaguo preliminar do peixe	Consumo de matéria-prima		Bref 2006 - FDM capítulo 4.7.2.8 página 482
Processo	Cozedura	23	Controlo de parâmetros de cozedura. Instalação de termóstatos	Emissões para a água/consumo de energia	x	Bref 2006 - FDM capítulo 4.2.6.4 página 281
		24	Monitorização do processo	Consumo de energia		
		25	Cozedura por vapor/vácuo	Consumo de água	x	
		26	Evitar cozedura se esta pode ser feita na esterilização	Consumo de água/energia		Bref 2006 - FDM capítulo 4.2.8.1 página 283
		27	Isolamento de fornos	Consumo de energia		

Sumário de medidas existentes nos documentos de referência Brefs (cont.) [16]

	Processos	nº	Técnicas a considerar na determinação das BAT	Principais aspetos ambientais	Aplicada	Referência BREF
Operações finais	Lavagem	28	Reciclar água do processo para lavagem das latas	Consumo de água	x	
	Esterilização	29	Isolamento do sistema de esterilização	Consumo de energia		
		30	Recuperação e reutilização da água de refrigeração do processo de esterilização	Emissões para a água		
	Lavagem e secagem	31	lavagem com recirculação de água	Consumo de água		
Sistemas Auxiliares	Manutenção das instalações	32		Redução de resíduos e emissões Consumo de água		
	Caldeiras/geração de vapor	33	Recuperação de calor dos gases de combustão/ Pré-aquecimento água de alimentação	Consumo de energia	x	Bref 2009 - ENE capítulo 3.1.1 página 122-126
		34	Recuperação de condensados	Consumo de energia		
		35	Utilização de biogás como combustível	Emissões		Bref 2009 - ENE capítulo 3.1.5 página 122-126
		36	Utilização de Gás natural	Emissões		Bref 2009 - ENE capítulo 3.1.5 página 122-126
		37	limpeza e aumento das áreas de transferência de calor	Consumo de energia		Bref 2009 - ENE capítulo 3.1.1 página 122-126
		38	Pré-aquecimento do ar de combustão	Consumo de energia		Bref 2009 - ENE capítulo 3.1.1 página 122-126
		39	Redução de perdas de calor por isolamento	Consumo de energia		Bref 2009 - ENE capítulo 3.1.7 página 132
		40	Isolamento das linhas não utilizadas	Consumo de energia	x	Bref 2009 - ENE capítulo 3.1.10 página 132
		41	Isolamento em tubagens de vapor e condutas de retorno de condensação.	Consumo de energia		Bref 2009 - ENE capítulo 3.1.11 página 132
		42	Recolha e devolução do condensado à caldeira para reutilização. (Otimizar a recuperação de condensado)	Consumo de energia		Bref 2009 - ENE capítulo 3.2.14 página 132
		43	Recuperação de energia da descarga da caldeira	Consumo de energia		Bref 2009 - ENE capítulo 3.2.15 página 132

Sumário de medidas existentes nos documentos de referência Brefs (cont.) [12] [16]

	Processos	nº	Técnicas a considerar na determinação das BAT	Principais aspetos ambientais	Aplicada	Referência BREF
Sistemas Auxiliares	Motores elétricos	44	Utilização de motores mais eficientes e correto dimensionamento	Consumo de energia		Bref 2009 - ENE capítulo 3.6.1/3.6.2 página 200-202
		45	Instalar variadores de velocidade	Consumo de energia	x	Bref 2009 - ENE capítulo 3.6.3 página 202
	Sistema de Ar comprimido	46	Atualizar compressor	Consumo de energia	x	Bref 2009 - ENE capítulo 3.7.1 página 212
		47	Melhorar o arrefecimento, secagem e filtragem	Consumo de energia		
		48	Reduzir as perdas de pressão por atrito (por exemplo, aumentando o diâmetro do tubo)	Consumo de energia		
		49	Variador de velocidade	Consumo de energia	x	Bref 2009 - ENE capítulo 3.7.2 página 214
		50	Uso de sofisticados sistemas de controle	Consumo de energia		Bref 2009 - ENE capítulo 3.7.4 página 216
		51	Recuperar calor residual para uso em outras funções	Consumo de energia		Bref 2009 - ENE capítulo 3.7.5 página 220
		52	Reduzir fugas de ar comprimido	Consumo de energia	x	Bref 2009 - ENE capítulo 3.7.6 página 221
		53	Use ar frio externo como entrada	Consumo de energia	x	Bref 2009 - ENE capítulo 3.7.8 página 224
		54	Substituição mais frequente de filtros	Consumo de energia		Bref 2009 - ENE capítulo 3.7.7 página 223
		55	Armazenamento de ar comprimido perto de usos altamente flutuantes	Consumo de energia		Bref 2009 - ENE capítulo 3.7.10 página 228
		56	Otimizar a pressão de trabalho	Consumo de energia	x	Bref 2009 - ENE capítulo 3.7.9 página 226

Sumário de medidas existentes nos documentos de referência Brefs (cont.) [12]

	Processos	nº	Técnicas a considerar na determinação das BAT	Principais aspetos ambientais	Aplicada	Referência BREF
Sistemas Auxiliares	Sistemas de bombagem	57	Evitar sobre dimensionar bombas e substituir as que sejam sobredimensionadas	Consumo de energia		Bref 2009 - ENE capítulo 3.8.1/3.8.2 página 229-231
		58	Combine a escolha correta da bomba com o motor correto para o dever	Consumo de energia		Bref 2009 - ENE capítulo 3.8.2/3.8.6 página 230;234
		59	Sistema de controlo e regulação	Consumo de energia		Bref 2009 - ENE capítulo 3.8.5 página 233
		60	Desligar bombas desnecessárias	Consumo de energia		
		61	Uso de variadores eletrónicos de velocidade	Consumo de energia		
		62	Usar múltiplas bombas	Consumo de energia		Bref 2009 - ENE capítulo 3.8.4 página 232
		63	Quando a manutenção imprevista se torna frequente verificar: - Cavitação - Desgaste - Tipo errado de bomba	Consumo de energia		
		64	Minimizar o número de válvulas e curvas para manter fácil a operação e manutenção	Consumo de energia	x	
	Processos		Técnicas a considerar na determinação das BAT	Principais aspetos ambientais	Aplicada	Referência BREF
	AVAC	65	Otimizar os motores elétricos e considerar a instalação de VSD	Consumo de energia		Bref 2009 - ENE capítulo 3.9.2.1/3.9.2.2/3.6.3/3.6.7 páginas 239;242;202;204
		66	Reduzir necessidades de Aquecimento/arrefecimento através:	Consumo de energia		Bref 2009 - ENE capítulo 3.9.1 página 236
		66a	- Isolamento do edifício	Consumo de energia		
		66b	- Envidraçado eficiente	Consumo de energia		
		66c	- Reduzir a infiltração de ar	Consumo de energia	x	
		66d	- Fecho automático de portas	Consumo de energia	x	
		67	Melhorar a eficiência dos sistemas de aquecimento por:	Consumo de energia		
		67a	- Recuperação ou uso do calor residual	Consumo de energia		
		67b	- Bombas de calor	Consumo de energia		
	Iluminação	68	Identificar os requisitos de iluminação tanto em intensidade como espectro para cada tarefa	Consumo de energia		Bref 2009 - ENE capítulo 3.10 página 247
		69	Utilização de sistemas de gestão de iluminação	Consumo de energia		
		70	Formação de utilizadores para utilização eficiente	Consumo de energia		
		71	Substituição de tecnologia existente por outra mais atualizada	Consumo de energia	x	

Sumário de medidas existentes nos documentos de referência Brefs (cont.) [12]

Anexo VIII

<i>Máximo recuperável (75%)</i>	472,5 MWh/ano
Energia térmica dissipada	630 MWh/ano
Consumos atuais de ar comprimido	700 MWh/ano

Anexo IX

Sistemas de contagem a considerar no âmbito do sistema proposto (Medida melhoria 10 – SMRCE):

Contadores	Referência	Vetor / Parâmetro	Unidades de reporte
Produção global da instalação	P1	Produção	t
Produção da secção de embalagem	P2	Produção	a definir
Produção da secção de esterilização	P3	Produção	a definir
PT 2	EE1	Eletricidade	kW; MWh; tep
PT 1	EE2	Eletricidade	kW; MWh; tep
Consumo de fuelóleo	F	Fuelóleo	MWh; tep; t
Consumo de gás natural	GN	Gás natural	MWh; tep; t
Consumo de gás propano	GPL	Propano	tep
Compressor GA110	EE3	Eletricidade	kW; MWh
Compressor GA91	EE4	Eletricidade	kW; MWh
ETARI	EE5	Eletricidade	kW; MWh
ETARI (decantador)	EE6	Eletricidade	kW; MWh
ETARI (desodorização)	EE7	Eletricidade	kW; MWh
Volume de água tratada na ETARI	H2O1	Água	m3
Congelação 1	EE8	Eletricidade	kW; MWh
Compressor frio 1	EE9	Eletricidade	kW; MWh
Compressor 1 (ed. Conservação)	EE10	Eletricidade	kW; MWh
Compressor 2 (ed. Conservação)	EE11	Eletricidade	kW; MWh
Compressor 3 (ed. Conservação)	EE12	Eletricidade	kW; MWh
Compressor 4 (ed. Conservação)	EE13	Eletricidade	kW; MWh
Armazém embalagem	EE14	Eletricidade	kW; MWh
Vapor produzido (GV Fuelóleo)	V1	Vapor	kg; MWh
Vapor produzido (GN)	V2	Vapor	kg; MWh
Vapor consumido autoclaves	V3	Vapor	kg; MWh
Ar comprimido produzido	AC	Ar comprimido	kg; m3(n)
Condensador Frio 2	H2O2	Água de reposição	kg; kg/h
Condensador Frio 2	EE15	Eletricidade	kW; MWh
Condensador Frio 2	HR1	Humidade relativa	%
Condensador Frio 2	T1	Temperatura	°C
Condensador Frio 2	T2	Temperatura	°C
Condensador Frio 2	T3	Temperatura	°C
Condensador Frio 2	PA1	Pressão atmosférica	bar
Condensador Frio 1	H2O3	Água de reposição	kg; kg/h
Condensador Frio 1	EE16	Eletricidade	kW; MWh
Condensador Frio 1	HR2	Humidade relativa	%
Condensador Frio 1	T4	Temperatura	°C
Condensador Frio 1	T5	Temperatura	°C
Condensador Frio 1	T6	Temperatura	°C

Indicadores auxiliares / parciais a reportar no âmbito do SMRCE:

Indicadores auxiliares / parciais	Âmbito	Contadores	Formula de cálculo	Unidades
Consumo global de energia primária da instalação (CREP)	Instalação	EE1; EE2; F; GN; GPL	EE1+EE2+F+GN+GPL	MWh
Consumo expectável de energia primária da instalação (CEEP)	Instalação	P1; EE1; GPL	"=1,448xP1+284,9+EE1+GPL"	MWh
Poupança de energia	Instalação	-	"=CEEP-CREP"	MWh
Energia térmica dissipada no condensador 1 (EC1)	Congelação 1	H2O3; EE16; HR2; T4; T5; T6; PA1	Metodologia indicada nos pontos 9.1.1.4 e MRCE2	MWh; kW
Energia térmica dissipada no condensador 2 (EC2)	Congelação 2	H2O2; EE15; HR1; T1; T2; T3; PA1	Metodologia indicada nos pontos 9.1.1.4 e MRCE2	MWh; kW

KPI's a reportar no âmbito do SMRCE:

KPI	Âmbito	Contadores	Formula de cálculo	Unidades
Coeficiente de desempenho da instalação	Instalação	EE1; EE2; F; GN; GPL; P1	"=CEEP/CREP"	-
Rendimento da produção de vapor (fuelóleo)	Gerador de vapor (fuelóleo)	F; V1	"=V/F"	% (MWh/MWh)
Consumo específico da produção de vapor (fuelóleo)	Gerador de vapor (fuelóleo)	F; V1	"=V/F"	kg/kg
Rendimento da produção de vapor (gás natural)	Gerador de vapor (gás natural)	GN; V2	"=V/F"	% (MWh/MWh)
Consumo específico da produção de vapor (gás natural)	Gerador de vapor (gás natural)	GN; V2	"=V/F"	kg/kg
Consumo específico da ETARI	ETARI	EE5; EE6; EE7; H2O1	"=(EE5+EE6+EE7) /H2O1"	kWh/m3
Consumo específico do ar comprimido	Central de ar comprimido	EE3; EE4; AC	"=(EE3+EE4) /H2O1"	kWh/m3(n); kWh/kg
Consumo específico do armazém de embalagem	Armazém de embalagem	EE14; P2	"=EE14/P2"	kWh/unid.
Consumo específico da esterilização (vapor)	Autoclaves	V3; P3	"=V3/P3"	kWh/unid.; kg/unid
Coeficiente de desempenho da congelação 1	Congelação 1	EE8; H2O3; EE16; HR2; T4; T5; T6; PA1	"=1-EC1/EE8"	-
Coeficiente de desempenho da congelação 1 (compressores)	Congelação 1	EE9; H2O3; EE16; HR2; T4; T5; T6; PA1	"=1-EC1/EE9"	-
Coeficiente de desempenho da congelação 2 (compressores)	Congelação 2	EE10; EE11; EE12; EE13; H2O2; EE15; HR1; T1; T2; T3; PA1	"=1-EC2/ (EE10+EE11+EE12+EE13)"	-

Potência e energia térmica dissipada por válvula e superfície flangeada

Equipamento	Temperatura média da superfície (°C)	Área equivalente (m ²)	Potência térmica dissipada ⁽¹⁾ (W)	Horas / ano	Energia térmica dissipada (MWh/ano)
Válvula de globo (DN50)	170	0,164	365	6.150	2,2
Válvula de globo (DN80)	170	0,248	555	6.150	3,4
Válvula de globo (DN100)	170	0,335	745	6.150	4,6
Válvula de globo (DN150)	170	0,515	1.150	6.150	7,1
Válvula de globo (DN180)	170	0,703	1.570	6.150	9,7
Superfície flangeada IJ-S13-DN150	170	0,258	575	6.150	3,5
Superfície flangeada IJL-FY-DN50	170	0,082	183	6.150	1,1
Superfície flangeada IJL-FY-DN80	170	0,124	278	6.150	1,7
Superfície flangeada IJL-FY-DN100	170	0,168	373	6.150	2,3
Superfície flangeada IJL-FY-DN150	170	0,258	575	6.150	3,5

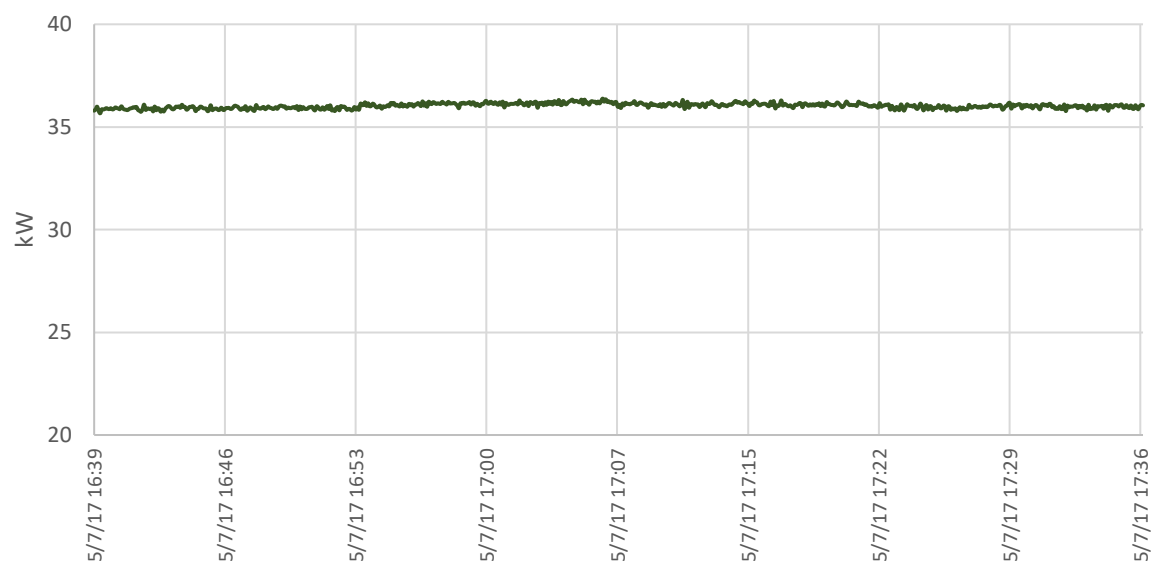
(1) Valores médios anuais.

Impactos da implementação da medida

Equipamento	Nº	Investimento total (€)	Custos e consumos evitados			Impactos no consumo ⁽¹⁾	
			(MWh/ano)	(tep/ano)	(€/ano)	% (GN)	% (tep)
Válvula de globo (DN50)	10	n.d.	21,3	2,04	746	0,11	0,05
Válvula de globo (DN80)	10	n.d.	32,4	3,10	1.135	0,17	0,08
Válvula de globo (DN100)	7	n.d.	30,5	2,91	1.066	0,16	0,08
Válvula de globo (DN150)	12	n.d.	80,6	7,70	2.822	0,41	0,21
Válvula de globo (DN180)	2	n.d.	18,3	1,75	642	0,09	0,05
Superfície flangeada IJ-S13-DN150	2	n.d.	6,7	0,64	235	0,03	0,02
Superfície flangeada IJL-FY-DN50	10	n.d.	10,7	1,02	373	0,05	0,03
Superfície flangeada IJL-FY-DN80	6	n.d.	9,7	0,93	340	0,05	0,03
Superfície flangeada IJL-FY-DN100	2	n.d.	4,4	0,42	152	0,02	0,01
Superfície flangeada IJL-FY-DN150	1	n.d.	3,4	0,32	118	0,02	0,01
TOTAL	62	6.445	218,0	20,8	7.630	1,1	0,6

(1) Face aos consumos de referência (2016)

Diagrama de Carga do sistema de desodorização (ETARI)



Equipamentos de iluminação existentes na instalação – Medida de melhoria 14

	Produção	Área de Armazéns	Conservação 2	Escritórios Produção	Escritórios administrativos	TOTAL
TOTAL	339	94	123	23	45	624

Parâmetro	Dados auditoria
Número de luminárias (referência)	696
Número de luminárias (após MRCE)	624
Luminárias suprimidas	72
Lâmpadas substituídas	624
Consumo das lâmpadas substituídas (kWh/ano)	416 051
Horas médias de funcionamento (h/ano)	7 860
Consumo após medida	282 971
Poupança nas lâmpadas substituídas (kWh/ano)	133 080
Total de consumos evitados (MWh)	133
Custos evitados com energia (€/ano)	13 566
Vida útil dos equipamentos (h)	50 000
Vida útil dos equipamentos na instalação (anos)	6,4

Anexo XIII

Poupança nas variáveis dependentes e independentes da produção por medida estudada

Medi- das	Relativa à produção	Poupança (tep/ano)	Produção em tonela- das (ano re- ferência)	Consumo em tep (ano de referên- cia)	Redução nos consu- mos independentes (%)	Redução relativa ao consumo no ano de referência (%)	Poupança por uni- dade de produção (kgep)	Redução no con- sumo marginal de ener- gia (%)
1	Indepen- dente	0	17371	3711	0,00	0,0	0,00	0,0
	Dependente	109	17371	3711	0,00	2,9	6,25	4,09%
2	Indepen- dente	0	17371	3711	0,00	0,0	0,00	0,0
	Dependente	25	17371	3711	0,00	0,7	1,45	0,95%
3	Indepen- dente	0	17371	3711	0,00	0,0	0,00	0,0
	Dependente	8	17371	3711	0,00	0,2	0,45	0,29%
4	Indepen- dente	0	17371	3711	0,00	0,0	0,00	0,0
	Dependente	128	17371	3711	0,00	3,4	7,35	4,81%
5	Indepen- dente	0	17371	3711	0,00	0,0	0,00	0,0
	Dependente	27	17371	3711	0,00	0,7	1,55	1,02%
6	Indepen- dente	0	17371	3711	0,00	0,0	0,00	0,0
	Dependente	20	17371	3711	0,00	0,5	1,16	0,76%
7	Indepen- dente	0	17371	3711	0,00	0,0	0,00	0,0
	Dependente	19	17371	3711	0,00	0,5	1,06	0,70%
8	Indepen- dente	0	17371	3711	0,00	0,0	0,00	0,0
	Dependente	23	17371	3711	0,00	0,6	1,30	0,85%
9	Indepen- dente	0	17371	3711	0,00	0,0	0,00	0,0
	Dependente	43	17371	3711	0,00	1,2	2,49	1,63%
10	Indepen- dente	0	17371	3711	0,00	0,0	0,00	0,0
	Dependente	96	17371	3711	0,00	2,6	5,54	3,62%
11	Indepen- dente	0	17371	3711	0,00	0,0	0,00	0,0
	Dependente	19	17371	3711	0,00	0,5	1,08	0,70%

Medidas	Relativa à produção	Poupança (tep/ano)	Produção em toneladas (ano referência)	Consumo em tep (ano de referência)	Redução nos consumos independentes (%)	Redução relativa ao consumo no ano de referência (%)	Poupança por unidade de produção (kgep)	Redução no consumo marginal de energia (%)
12	Independente	0	17371	3711	0,00	0,0	0,00	0,0
	Dependente	34	17371	3711	0,00	0,9	1,95	1,28%
13	Independente	0	17371	3711	0,00	0,0	0,00	0,0
	Dependente	28	17371	3711	0,00	0,8	1,61	1,05%
14	Independente	29	17371	3711	2,71	0,8	0,00	0,0
	Dependente	0	17371	3711	0,00	0,0	0,00	0%
15	Independente	0	17371	3711	0,00	0,0	0,00	0,0
	Dependente	112	17371	3711	0,00	3,0	6,45	4,22%
Total	Independente	29	17371	3711	2,71	0,8	0,00	0,0
	Dependente	690	17371	3711	0,00	18,6	39,71	26%